# Amtliche Bekanntmachungen.

## Personal-Veränderungen bei den Baubeamten,

im Ressort des K. Ministeriums für Handel etc.

(Ende Juni 1876.)

Des Kaisers und Königs Majestät haben:

dem Vorsitzenden der Eisenbahn-Direction zu Frankfurt a/M., Geheimen Regierungsrath Redlich, den Rang der Räthe III. Klasse, sowie

dem Regierungs- und Baurath Plate in Münster den Charakter als Geheimer Regierungsrath verliehen, und

zu Regierungs- und Bauräthen ernannt:

den Dombaumeister und bisher charakterisirten Regierungs-Baurath Voigtel zu Cöln,

den Bauinspector Lefshafft in Berlin,

den Bauinspector Dr. Krieg in Potsdam, und

den Eisenbahn-Ober-Betriebs-Inspector Sebaldt in Danzig.

Der Charakter als Baurath ist Allerhöchst verliehen:

dem Wasser-Bauinspector Schulemann in Bromberg,

dem Bauinspector Lünzner in Heiligenstadt,

dem Bauinspector Pape zu Hannover, und

dem Bauinspector Siegener in Harburg.

Se. Majestät haben ferner:

dem Geheimen Ober-Hof-Baurath Professor Strack den Titel als Allerhöchstdero Hof-Architekt, und

dem Hof-Baurath Gottgetreu den Titel als Ober-Hof-Baurath verliehen.

Dem p. Lefshafft ist eine Regierungs- und Bauraths-Stelle bei dem K. Polizei-Präsidium in Berlin, und

dem Regierungs- und Baurath Dr. Krieg eine solche bei der K. Ministerial-Bau-Commission verliehen.

In den Stellungen des p. Voigtel und Sebaldt hat sich nichts geändert.

### Beförderungen.

Der Eisenbahn-Baumeister Knebel in Cassel ist zum Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspector und Vorsteher des bautechnischen Büreaus der K. Direction der Ostbahn in Bromberg ernannt,

desgl. der Kreis-Baumeister Schönrock in Deutsch-Crone zum Bauinspector bei dem K. Polizei-Präsidium in Berlin.

### Ernennungen, Anstellungen.

Der Baumeister Spitzner zu Frankfurt a/O. ist als Local-Baubeamter der Militair-Verwaltung für Frankfurt a/O. und Cüstrin angestellt,

desgl. der Baumeister Lorentz zu Carlshafen als Eisenbahn-Baumeister im Bereiche der K. Direction der Westfälischen Eisenbahn,

der Baumeister Perdisch als Post-Baumeister in Berlin,

der Baumeister Appelius als Land-Baumeister beim K. Kriegsministerium,

der Baumeister Kühtze als Land-Baumeister und Local-Baubeamter der Militair-Verwaltung in Altona,

desgl. der Grofsherzogl. Mecklenburgische Districts-Bauconducteur a. D. Held als Local-Baubeamter derselben Verwaltung in Stettin.

Dem Bau-Accessisten, Bauinspector Moritz in Wiesbaden ist die Verwaltung der Baubeamten-Stelle für den dortigen Landkreis übertragen.

### Versetzungen.

Der Vorsitzende der Eisenbahn-Commission in Bremen, Regierungs- und Baurath Spielhagen ist in gleicher Eigenschaft an die vom 1. Juli d. J. ab zu etablirende Commission der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn zu Breslau und in seine bisherige Stelle zu Bremen der Regierungs- und Baurath Beckmann zu Hannover versetzt.

Der Wohnsitz des Kreis-Baumeisters Suadicani ist von Jork nach Buxtehude verlegt.

Der Kreis-Baumeister Graeve zu Winzig ist der Oderstrom-Bauverwaltung zu Breslau als Hilfsarbeiter überwiesen.

Die Functionen des technischen Mitgliedes der K. Eisenbahn-Commission in Görlitz sind dem Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspector Garcke zu Hamm commissarisch übertragen.

Der Kreis-Baumeister Fischer ist von Naugard i/Pomm. nach Winzig versetzt,

desgl. der Kreis-Baumeister Schorn von Burgdorf (Landdrostei Lüneburg) nach Naugard,

desgl. der Kreis-Baumeister Maier in Lingen (Landdrostei Osnabrück) nach Pleschen (Reg. Bez. Posen),

desgl. der Kreis-Baumeister Engelhardt von Gersfeld (Reg. Bez. Cassel) nach Deutsch-Crone,

desgl. der Kreis-Baumeister Langfeldt von Hoyerswerda nach Liegnitz.

Dem Bauinspector Caesar zu Cassel ist die commissarische Verwaltung der Bauinspector-Stelle in Arnsberg übertragen.

Der Bauinspector Domeier ist von Göttingen nach Münden versetzt,

desgl. der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspector Güntzer von Frankfurt a/M. nach Hannover zur Verwaltung einer Bauinspection im Bereiche der K. Eisenbahn-Commission daselbst,

desgl. der Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspector C. L. Lange von Hannover als Vorsteher des technischen Büreaus der K. Eisenbahn-Direction zu Frankfurt a/M. für den Bau der Bahn Nordhausen-Wetzlar,

desgl. der Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspector Ruchholz von Guben nach Görlitz,

der Eisenbahn-Baumeister Stürtz von Potsdam nach Limburg a/Lahn, und

der Eisenbahn-Baumeister Eggert zu Frankfurt a/M. zur Main-Weser-Bahn nach Cassel.

---

Aus dem Staatsdienste sind geschieden, resp. scheiden in Folge der Uebernahme der Chausseen Seitens der Provinzialständischen Verbände:

der Bauinspector Fischer in Liegnitz,
der Kreis-Baumeister Wagner in Lennep,
der Bauinspector Sachse in Wittlich,
der Bauinspector Bertram in Wiesbaden,
der Bauinspector Esau in Hachenburg,
der Bau-Accessist Petsch in Diez,
der vorläufig beurlaubte Bauinspector Hartmann zu Arnsberg.

Aufserdem ist dem Eisenbahn-Baumeister von Moraczewski in Bromberg die nachgesuchte Entlassung aus dem Staatsdienste ertheilt.

---

In den Ruhestand sind getreten resp. treten in nächster Zeit:

der Geheime Regierungsrath Plate in Münster,
der Bauinspector Westerfeldt zu Homburg v. d. H.,
der Bauinspector Schüler in Montabaur,
der Baurath Westermann in Meschede.

---

Gestorben sind:

der Geheime Ober-Hof-Baurath Hesse in Berlin,
der Eisenbahn-Commissarius, Geheime Regierungsrath Hoffmann in Altona,
der Regierungs- und Baurath Müller in Aurich,
der Geheime Regierungsrath Engelhardt in Münster,
der Kreis-Baumeister Neugebauer in Pleschen,
der Eisenbahn-Baumeister Merkel in Limburg a/Lahn, und
der Kreis-Baumeister Gombert zu Fritzlar.

---

# Bauwissenschaftliche Mittheilungen.

## Original-Beiträge.

### Das Kunst-Vereinshaus in Cassel.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 47 und 48 im Atlas.)

Die politischen Veränderungen in Kurhessen hatten auch auf dem Gebiete der schönen Künste einen erfreulichen Aufschwung hervorgerufen, welcher die Casseler Kunstgenossenschaft im Sommer des Jahres 1868 veranlafste, gemeinsam mit den beiden dortigen Kunstvereinen den Bau eines Hauses für die Gemäldeausstellungen und für gesellige künstlerische Zwecke in Angriff zu nehmen. Verwandte Bestrebungen hatten wenige Jahre früher das Künstlerhaus in Wien und dasjenige in Dresden hervorgerufen.

Das erforderliche Capital wurde in kunstsinnigen Kreisen durch Actien aufgebracht und der Stadtrath bewilligte zu diesem Zwecke unentgeltlich ein, in schönster Lage, am Ständeplatz gelegenes Grundstück. Das beauftragte Comité beschlofs die Ausschreibung einer öffentlichen Concurrenz zur Erlangung von Bauplänen. Das Bauprogramm wurde wie folgt festgestellt:

„Auf dem Situationsplane bezeichnet ABC den Bauplatz von dreieckiger Grundform, welcher von zwei Seiten durch Strafsen, von der dritten durch ein nachbarliches Grundstück begrenzt wird.

Das Gebäude, welches im Wesentlichen zur Aufnahme einer Gemäldeausstellung dienen soll, mufs folgende Räume enthalten:

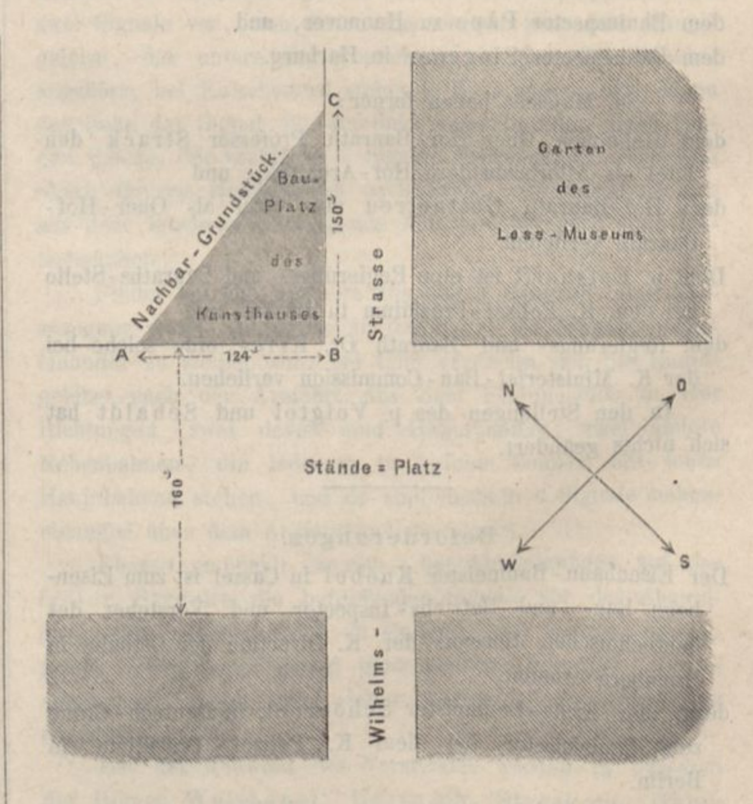
A. Im Erdgeschosse

1) einen grofsen Saal mit Oberlicht erleuchtet, welcher bei angemessener Form die dem Bauplatze abzugewinnende gröfstmöglichste Ausdehnung haben soll;

2) zwei bis drei Räume von im Ganzen 1200 bis 1300 Quadratfufs Gröfse, zur permanenten Ausstellung dienend, mit Seitenlicht erleuchtet;

3) Garderobe;

4) Kasse.




B. In der I. Etage

zwei bis drei kleinere Säle und zwei bis drei Zimmer, zu Vereinszwecken dienend.

C. Im Souterrain

1) eine Restauration nebst Küche, Speisekammer und Kellergelafs;

2) Lagerraum für Emballage;

3) Kohlen- und Heizraum.

Aufserdem sind erforderlich für einen Vereinsdiener:

2 Stuben, 2 Kammern, Küche und Keller, welche nach Ermessen in den einzelnen Stockwerken vertheilt werden können.

Sodann ist auf ein entsprechendes Treppenhaus und auf Anlage von Retiraden Bedacht zu nehmen. Es ist wünschenswerth, die Verbindung der Räume der Art zu arrangiren, dafs aufser der Zeit der Kunst-Ausstellung eine anderweitige Verwendung derselben zu Gesellschaftszwecken, Concerten etc. möglich ist.

Das zu verbauende Capital darf einschliefslich der inneren Decoration die Summe von zwanzigtausend Thalern nicht überschreiten." —

Von den rechtzeitig eingegangenen sieben Plänen wurde der ausgeschriebene Preis dem Entwurf des Unterzeichneten zuerkannt. Gleichwohl glaubte das Bau-Comité auch diesen prämiirten Plan zur Ausführung nicht empfehlen zu können, weil der Haupt-Ausstellungsraum in seinen Maafsverhältnissen nicht ganz dem thatsächlichen Raumbedürfnifs genügte. In einer zu diesem Zweck berufenen Generalversammlung der Actionäre wurde daher die Eröffnung einer engeren Concurrenz beschlossen und gleichzeitig das Baucapital entsprechend erhöht.

Das Resultat dieses Concurses ist im Wesentlichen der auf Blatt 47 und 48 dargestellte Entwurf, welchen die Preisrichter: Hof-Baurath und Professor v. Dehn-Rotfelser, Stadt-Baumeister Rudolph und Hof-Bauinspector Knyriem als für die Ausführung geeignet bezeichneten und mit dessen weiterer Ausarbeitung Verfasser im Frühjahr 1869 betraut wurde.

Die Fundirungsarbeiten konnten indessen erst im Herbst desselben Jahres begonnen werden, nachdem die nicht unerheblichen Schachtarbeiten erledigt und das nachbarliche Grundstück durch eine an dessen Grenze aufgeführte hohe Futtermauer gesichert worden war. Das Dach des zweietagigen Baues am Ständeplatz ist sodann im Sommer 1870 aufgebracht worden. Dagegen konnte das eiserne Dachgerüst über dem durch zwei Geschosse reichenden Ausstellungssaal mit Oberlicht erst im Herbst desselben Jahres aufgestellt und mit Glasdeckung versehen werden. Am Weihnachtsfest 1871 wurde das Gebäude in seinen inneren Theilen vollendet und der Benutzung übergeben.

Die Disposition der Räume in den beiden Geschossen ausschliefslich des Souterrains ist aus den Grundrissen (Blatt 48) ersichtlich. Der Haupt-Eingang erfolgt vom Ständeplatz her und wird durch ein von Karyatiden getragenes Prothyron entsprechend ausgezeichnet. Die Marmorstufen des Vorflurs führen direct empor zum Vestibül, dessen kassettirte Decke von rothen Marmorsäulen getragen wird. Hier schliefsen sich an: Kasse und Garderobe und in der Achse des Haupteinganges wird die Thür des grofsen Ausstellungssaales erreicht. In einem hierzu rechtwinkligen Flügel des Gebäudes befinden sich andrerseits die Räume der permanenten Ausstellung, die Haupttreppe zum oberen Geschofs, die Zimmer des Restaurateurs und die Nebentreppe, welche gesondert vom Souterrain bis zur Wohnung des Vereinsdieners emporführt. Dem Letzteren sind zwei Räume des oberen Geschosses und zwei darüberliegende im Dachboden zugewiesen worden.

Kehren wir zum grofsen Ausstellungssaal zurück, dessen Lichtweite 32 Casseler Fufs = $9{,}2$ m beträgt, so ergab sich für dessen Abschlufs bei gröfstmöglicher Länge die polygone Form, welche auch akustisch wirksam ist. Für die Benutzung desselben als Concertsaal ist ein Stimmzimmer für Musiker, mit besonderem Ausgang nach der Wilhelmsstrafse hin, hergerichtet worden. Von dem Flur dieser Nebenpforte führt eine Wendeltreppe aufwärts zu der oberhalb liegenden Musikloge, abwärts zum Restaurationslocal im Souterrain, welches sich in ganzer Länge unter dem Oberlichtsaal hinzieht. Dasselbe ist mit einer Anzahl nischenähnlicher Abtheilungen versehen, wozu die Aufstellung von eisernen Säulen, als Stützen des Saalfufsbodens, die Veranlassung gab. Auch von Aufsen her führt dicht an der Ecke des Platzes ein Zugang mit Vorraum in das Restaurationslocal hinab (vergl. Bl. 47). Das oberste Geschofs endlich enthält aufser drei Sälen für Vereinszwecke auch eine breite, geräumige Loge, welche sich durch drei Arcaden gegen den Hauptsaal öffnet. Durch Flügelthüren kann dieselbe mit dem dahinter liegenden Vereinssaal in Verbindung gesetzt werden. Für Retiraden in den drei Geschossen ist hinreichend Sorge getragen.

Constructionen. Die aufgehenden Mauern sind, wo nicht Sandstein in Verwendung gekommen, in Backstein aufgeführt, welcher in den Aufsenflächen unverputzt geblieben ist (vergl. Blatt 47). Trotz der geringen Mittel, über welche der Architekt verfügte, hatte hier der Wunsch nach einem wirklichen „Materialbau" seine Berechtigung. Die functionirenden Theile, namentlich die vortretenden Gesimse, sollten daher in dem rothen Bahlhorner Sandstein, die Flächen dagegen in Backstein-Rohbau hergestellt werden. Für die lange, fensterlose Wand des Saalbaues konnte mit Vortheil das System der Flächen-Gliederung oberitalienischer Backsteinbauten zur Anwendung kommen. Die oberen, fensterfreien Felder sind durch Medaillon-Portraits hervorragender Künstler der deutschen und italienischen Schule geschmückt.

Die inneren Deckenconstructionen sind die üblichen, nur die Decke des Oberlichtsaales wird durch armirte Hauptbalken gebildet, welche in 3 m Entfernung verlegt sind und den Lichtfenstern der horizontalen Glasdecke Auflager gewähren. Das freitragende eiserne Dach über dieser Decke ist nach dem bekannten Dreieckssystem ausgeführt.

Aeufsere Sculptur. Die Mitte des Eckpavillons wird durch eine vom Professor Hassenpflug in Cassel modellirte und in Sandstein ausgeführte Gruppe ausgezeichnet: Athene, dem Maler und Bildhauer Kränze darreichend. Die Figuren, welche die drei Eckpostamente der Attika zu krönen bestimmt sind und die Musik, Poesie und Historie darstellen, sind von demselben Künstler modellirt, dem auch die neun Medaillon-Portraits der Façaden ihre Entstehung verdanken.

Die Karyatiden des Haupt-Einganges stellen dar: die Architektur und die Sculptur; sie sind nach einem vorhandenen Modell des Professor Wolff in Berlin von March in Charlottenburg in gebranntem Thon hergestellt. Ueberall, wo statt des Sandsteins Cementgufs in Anwendung kam, sind die ornamentalen Theile vom Bildhauer O. Müller in Berlin ausgeführt worden.

Innere Decoration. Wegen des beschränkten Baufonds konnten nur einige innere Räume reichere decorative Ausstattung erhalten; dahin gehören das Vestibül und der

grofse Ausstellungssaal. Die Decoration der Räume der permanenten Ausstellung wurde nach Wunsch des Comités auf ein Minimum beschränkt.

Nur die Felderdecke des Vestibüls ist reicher in Farben behandelt und die stützenden Marmorsäulen haben Bronce-Capitelle erhalten. Die Wand des Oberlichtsaales ist in einem kräftigen, gebrochenen Roth als Bildwand behandelt und die Lünetten der Stichkappenfelder sind durch farbige Medaillonportraits auf Goldgrund geschmückt. Alle decorative Wandmalerei haben die Herren Wimmel und Hochapfel nach den Farbenskizzen des leitenden Architekten zufriedenstellend durchgeführt.

Es mag Erwähnung finden, dafs die Bau-Ausführung im Wege der General-Entreprise, jedoch mit Ausschlufs der inneren Decoration, durch die Maurermeister Losch und Potente daselbst erfolgt ist. Einschliefslich der Drainage des Souterrains und der Canalisation beliefen sich die Gesammtkosten des Baues auf 93000 Mark. Die Kosten der Sandsteinfiguren sind hierbei nicht mit einbegriffen.

Scholtz.

---

# Das Wasserwerk der freien Hansestadt Bremen.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 49 bis 60 im Atlas und auf Blatt M, N und O im Text.)

Für die Ausarbeitung des im Jahre 1857 zuerst angeregten, vielfach ventilirten Projects einer Wasserleitung für die Stadt Bremen wurden von dem Oberbaurath Berg im Jahre 1864 folgende Punkte festgestellt:

Unter Berücksichtigung der Bremischen Verhältnisse und der städtischen Bevölkerung von ca. 67000—70000 Seelen ist der tägliche Bedarf von vorläufig ca. 4000 $kb^m$ ausreichend.

Das Röhrensystem ist so grofs anzulegen, dafs bei Vermehrung der Einwohnerzahl eine Vergröfserung desselben, um im Laufe der Zeit das doppelte Quantum zu fördern, mit Leichtigkeit geschehen kann.

Für das Rohrnetz ist das sogenannte Verästelungssystem in Verbindung mit dem Circulirsystem zu wählen.

Zur Inbetriebsetzung der Anlage würde augenblicklich eine Maschine und eine Reserve-Maschine, von denen jede täglich bis zu ca. 4250 $kb^m$ Wasser fördert, genügen.

Als Platz für die Stammanlage sei der städtische Werder, nicht weit vom Werderthore zwischen der grofsen und kleinen Weser belegen, besonders geeignet, indem derselbe bei Einführung der natürlichen Filtration die gröfsten Vortheile durch die ermöglichte Zuführung des Wassers von beiden Seiten biete.

Zu empfehlen sei, neben dem Sammelbassin ein zweites überwölbtes und mit Erde überdecktes Bassin zu erbauen, da durch die Entziehung von Licht und Luft sich das Wasser reiner und von Pflanzentheilen freier, durch die Bedeckung auch im Winter frostfrei erhalten lassen werde.

Ferner empfahl derselbe eine liegende rotirende, sich selbst nach dem Abflusse (Verbrauche) des Wassers regulirende Dampfmaschine aufzustellen, von der Einführung von Hochreservoiren abzugehen und das Wasser unter Anwendung eines Ausgleichrohres direct in das Rohrnetz zu pumpen, wobei die Regulirung in der Weise stattfinden solle, dafs die Maschine bei geringem Abflusse des Wassers aus dem Röhrensysteme einen langsameren, bei vermehrtem Abflusse einen schnelleren Gang annähme, während sie, sobald das Röhrennetz ganz gefüllt ist, das bei einem äufserst langsamen Gange geförderte Wasser durch Oeffnung eines Ventils in den Pumpenschacht zurückfliefsen lasse, event. von selbst zum Stillstande gelange. Die Maschine müsse so construirt werden, dafs sie das erforderliche Wasserquantum für vorkommende Eventualitäten, wie z. B. bei gröfseren Feuersbrünsten etc., bis auf $34,_7{}^m$ Ausflufshöhe fördere. Für den gewöhnlichen Betrieb könne eine geringere Druckhöhe genügen, da der höchstbebaute Punkt in der Stadt nur $11,_6{}^m$ über Bremer Null*) liege. Zur besseren Beseitigung der durch directes Pumpen in das Rohrnetz unvermeidlich entstehenden Stöfse werde statt grofser Windkessel ein sogenanntes Standrohr nahe bei der Pumpe auf das Hauptrohr aufzusetzen sein, in welchem das Wasser bis zur vollen Druckhöhe aufsteigen könne. Die Wirkung dieses Rohres sei ähnlich der eines Windkessels, jedoch in vollkommenerer Weise, da für eine Füllung mit Luft nicht gesorgt zu werden brauche.

Der auf Basis dieses Programmes aufgestellte detaillirte Plan nebst Kostenanschlag wurde im Mai 1864 dem Senat und der Bürgerschaft vorgelegt, sodann vom Baurath Scheffler in Braunschweig begutachtet und von diesem zur Ausführung empfohlen.

Nach vielen Berathungen und um Gewifsheit über die Qualität des Wassers auf dem Werder zu erlangen, legte man auf Antrag des Oberbauraths Berg im Jahre 1868 gröfsere Versuchs-Filtergallerien von etwa $17^m$ Länge mit dem erforderlichen Pumpwerk und Brunnen an, welche, wenn auch in quantitativer Hinsicht sehr gute, so doch in qualitativer Hinsicht schlechte Resultate lieferten, so dafs man, da das gewonnene Wasser sehr viel Schwefeleisen enthielt, von der natürlichen Filtration resp. Gewinnung des Grundwassers abgehen und die künstliche Filtration des Weserwassers in Aussicht nehmen mufste.

Das aus der I. Filtergallerie geschöpfte Wasser zeigte sich bei der chemischen Untersuchung klar und farblos, von ziemlich gutem Geschmack und zuweilen schwach nach Schwefelwasserstoff riechend. Nach 3 bis 4 Stunden opalisirte dasselbe aber und liefs nach 24 Stunden einen ockergelben Niederschlag fallen. Ein Liter Wasser lieferte 12 Milligramm Niederschlag, welcher aus kohlensaurem Kalk, Phosphorsäure, Kieselsäure und Eisenoxyd bestand.

Die Menge dieser Substanzen war hinreichend grofs, um das Wasser ungeniefsbar und in manchen Fällen zum Kochen und Waschen unbrauchbar zu machen.

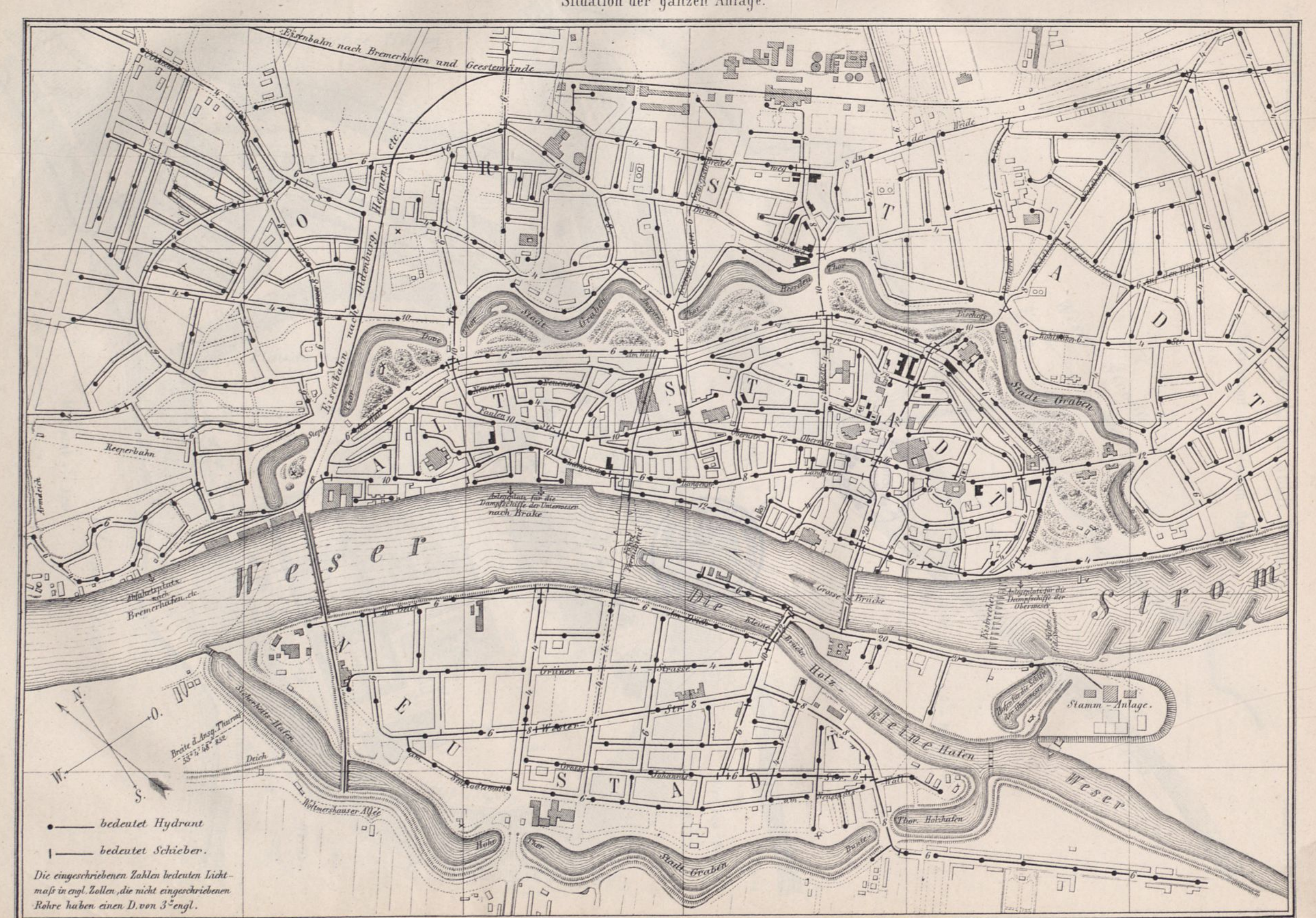
Ein Liter des an der Luft klar gewordenen und nun eisenfreien Wassers enthielt die folgenden Bestandtheile:

kohlensauren Kalk . . = $218,_0{}^{mg}$
schwefelsauren - . . = $40,_0$ -

*) Bremer Null liegt $3,_{2518}{}^m$ über dem Amsterdamer Nullpunkt.

# Wasserwerk der Stadt Bremen.

## Situation der ganzen Anlage.

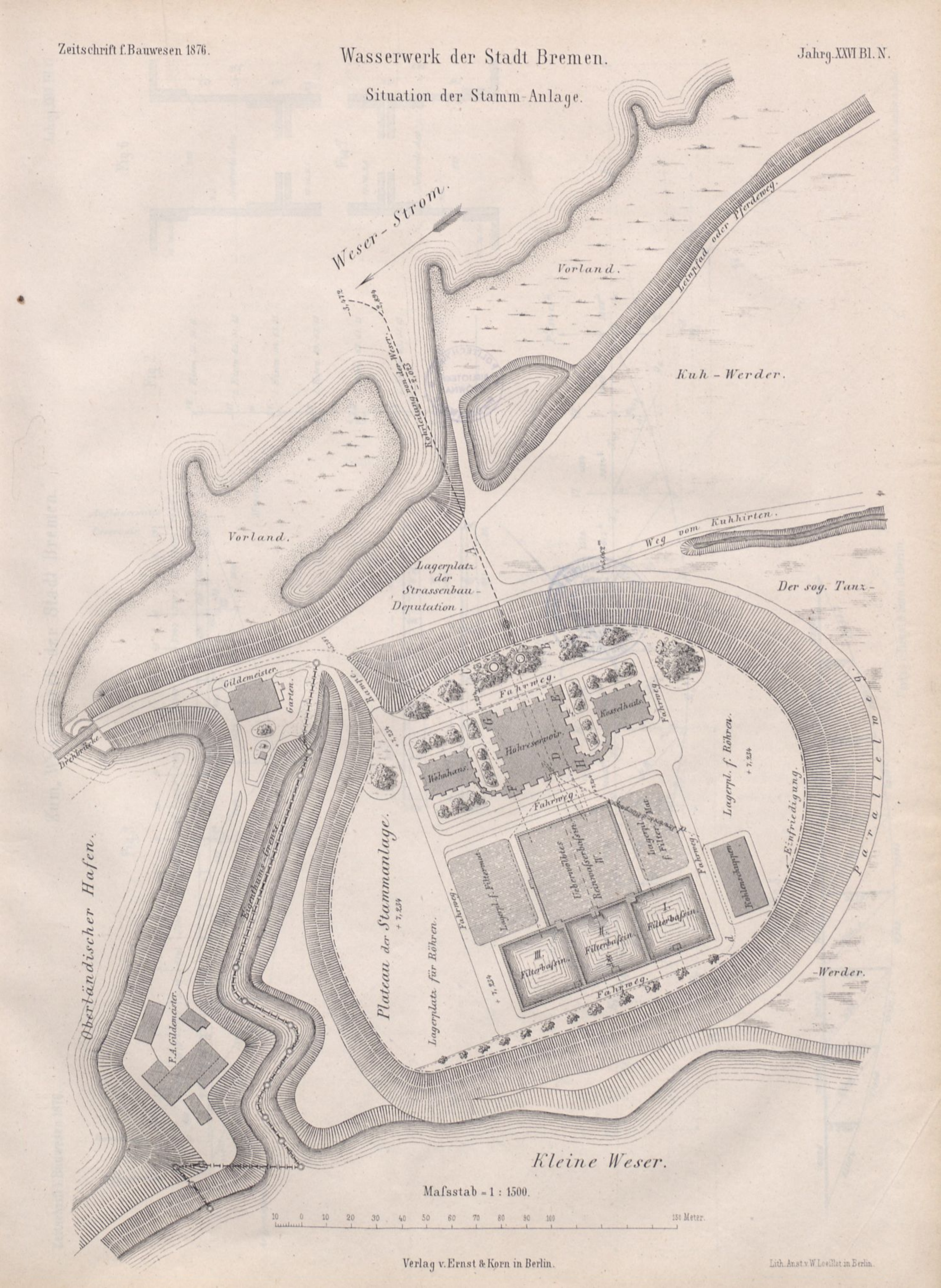


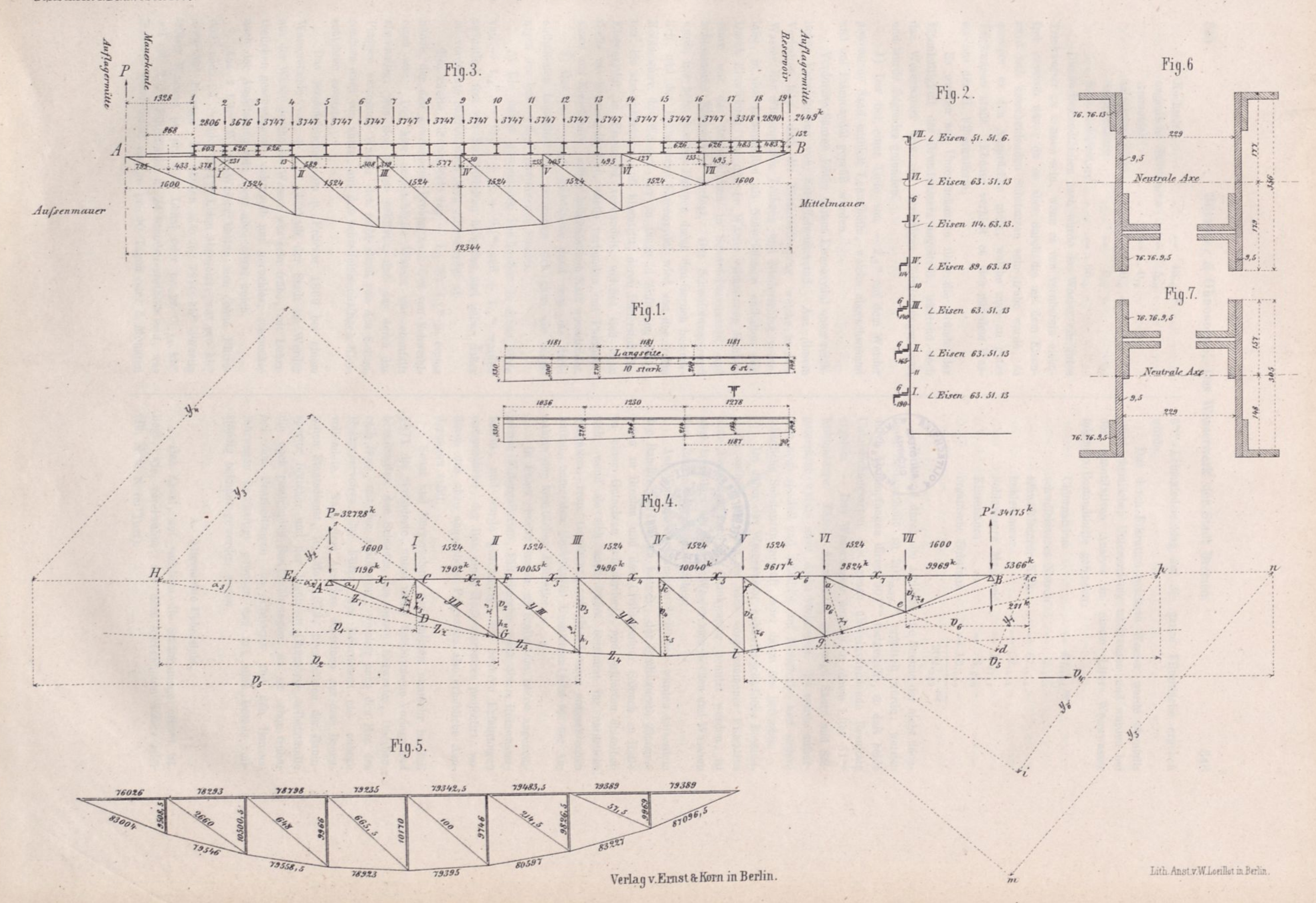

Verlag v. Ernst & Korn in Berlin.

Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin

# Wasserwerk der Stadt Bremen.

## Situation der Stamm-Anlage.






Verlag v. Ernst & Korn in Berlin.
Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin.

| | | |
|---|---|---|
| Kochsalz | = | $43,_0$ mg |
| organische Substanzen | = | $5,_0$ - |
| Ammoniak | = | $0,_8$ - |
| salpetrige Säure | = | $0,_0$ - |
| Salpetersäure | = | $0,_0$ - |
| freie Kohlensäure | = | $65,_0$ - |

Diesen Bestandtheilen nach würde das Wasser ein gutes Trinkwasser zu nennen sein, wenn es von vornherein eisenfrei gewesen wäre; da es aber durch die mit dem Eisenoxyd sich ausscheidenden Substanzen sehr trübe wurde, so genügte es den Ansprüchen nicht, welche man an gutes Trinkwasser stellt. Ebenso verhielt es sich mit dem Wasser aus der II. Filtergallerie.

Es wurden nun Untersuchungen über die Gründe der Eisenhaltigkeit des Grundwassers angestellt, während doch das Weserwasser frei von derartigen Beimischungen war, und wurde folgendes gefunden.

1) Der bei einer Tiefe von — $2,_9$ m auf dem Werder gewonnene Sand enthielt Lehmtheile, welche abgeschwemmt und auf Eisenoxydul geprüft wurden.

Verdünnte Säuren lösten daraus Eisenoxydul unter reichlicher Entwickelung von Schwefelwasserstoff. Aus diesem Verhalten folgt, dafs die Eisenverbindung, welche in dem Wasser der Filterquellen Trübung und Niederschlag veranlafst, in den Lehmtheilen als Schwefeleisen enthalten war. Durch Einwirkung von der im Wasser enthaltenen Kohlensäure war das Schwefeleisen in Schwefelwasserstoff und kohlensaures Eisenoxydul zerlegt. Der Schwefelwasserstoff wurde nur beim raschen Pumpen durch den Geruch bemerklich, und das kohlensaure Eisenoxydul wird von der freien Kohlensäure des Wassers nur so lange in Auflösung erhalten, bis atmosphärische Luft hinzutritt, deren Sauerstoff das Eisenoxydul in Eisenoxyd verwandelt, welches sich dann theils als Eisenoxydhydrat, theils verbunden mit Phosphorsäure und Kieselsäure, neben kohlensaurem Kalk ausscheidet.

2) Der bei — $2,_2$ m gewonnene Sand resp. die darin enthaltenen Lehmtheilchen verhielten sich ganz wie diejenigen des bei — $2,_9$ m gewonnenen Sandes.

3) Die ferner gewonnenen Sandproben in einer Tiefe von — $1,_4$ m, — $0,_7$ m, ± 0, + $0,_7$ m und + $1,_4$ m wurden sämmtlich frei von Schwefeleisen befunden und gaben daher an verdünnte Säuren auch kein Eisenoxydul ab.

Die zweite Filtergallerie lag — $1,_3$ bis $1,_4$ m in einem Sande, der den gewonnenen Proben nach frei von Schwefeleisen war. Das hier ausgeschöpfte Wasser war ebenfalls eisenhaltig, was sich daraus erklärte, dafs das durch das Pumpen entzogene Wasser sich nicht allein von den Seiten, sondern auch von unten, aus den schwefeleisenhaltigen Kiesschichten ersetzte.

Das vergleichsweise am 9. Februar 1869 bei einem Wasserstande von + $1,_8$ m oberhalb der Stadt im Werder aus der Weser geschöpfte Wasser war sehr trübe, mit Lehmtheilchen geschwängert, ockergelb und geruchlos, schmeckte nach der Ausfilterung rein, war aber etwas weich.

Aus 7 Liter Weser-Wasser hatten sich (ohne Filtration) nach 24 Stunden 211 mg Lehm abgesetzt, was pro kbm etwa 32 g beträgt. Es würden also für 7270 kbm derartig trüben Wassers pr. pr. 225 k Lehm oder pr. pr. $0,_{133}$ kbm auf rot. 2 □m Filterfläche in 24 Stunden vertheilt sein, was für eine Betriebszeit von pr. pr. 90 Tagen oder 3 Monaten 6 mm Lehmniederschlag auf die ganze Filterfläche ergeben würde.

Das durch Filtration geklärte Wasser wurde ebenfalls einer chemischen Untersuchung unterzogen und wurden bei der quantitativen Analyse in einem Liter Weserwasser folgende Bestandtheile gefunden:

| | | |
|---|---|---|
| Chlornatrium | = | $40,_{163}$ mg |
| schwefelsaures Natron | = | $9,_{470}$ - |
| schwefelsaurer Kalk | = | $61,_{862}$ - |
| kohlensaurer - | = | $62,_{812}$ - |
| kohlensaure Magnesia | = | $11,_{722}$ - |
| Kieselsäure | = | $3,_{500}$ - |
| organische Substanz | = | $13,_{000}$ - |
| | | $202,_{529}$ mg |

Während durch die Addition die Summe der nicht flüchtigen Bestandtheile zu $202,_{529}$ mg ermittelt wurde, wurden durch Abdampfungen direct 201 mg festgestellt, so dafs beide Untersuchungsarten fast genau übereinstimmende Resultate ergaben. — Das Weserwasser enthielt in einem Liter 51 mg Kohlensäure. Eisen, Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure waren nicht darin vorhanden. Es wurde aufserdem noch speciell und gründlich auf Metallsalze und andere schädliche Substanzen geprüft, aber davon frei befunden.

Da daher das Weserwasser keinerlei schädliche Bestandtheile enthält, so kann es nach vorgenommener Filtration ohne Bedenken auch als Trinkwasser benutzt werden, ist aber besonders als weiches Wasser zum Kochen und Waschen dem Brunnenwasser vorzuziehen.

Auf Wunsch der hiesigen Behörden wurden aufserdem der Baudirector Dost zu Leipzig, der Stadtbaurath Zimmermann zu Breslau und der Civilingenieur Salbach zu Halle zu einem Gutachten aufgefordert, und erklärten dieselben sich, wenn sie sich auch früher bestimmt für natürliche Filtration, resp. Gewinnung von Grundwasser ausgesprochen hatten, unter den obwaltenden Umständen jetzt für die Annahme der künstlichen Filtration.

In Folge dessen traten an Stelle der zuerst angenommenen Filtergallerien, Filterbassins nebst einem Reinwasserbassin, und wurde gleichzeitig, den neueren Erfahrungen entsprechend, der Bau eines Hochreservoires projectirt, wodurch das oben angegebene Programm also erhebliche Aenderungen erlitt.

Senat und Bürgerschaft genehmigten nunmehr im Juli 1871 die veränderte, unten näher beschriebene Vorlage und beauftragten den Schöpfer des neuen Entwurfes, Oberbaurath Berg, mit der Ausführung, welcher auch den Bau des Hochreservoires, der Filter, des Rohrnetzes etc. nahezu vollendete. Nach dem Austritte desselben aus dem Bremischen Staatsdienst, im Mai 1873, übernahmen der Bauinspector Böttcher und der Ingenieur Ohnesorge selbstständig die noch restirenden Bauausführungen, da sie schon früher bei den Bearbeitungen des Projectes und den Bauausführungen beschäftigt gewesen und mit allen Details vollständig bekannt geworden waren.

### A. Allgemeine Uebersicht.

Das Areal, auf welchem die Stammanlage erbaut ist, liegt, wie vorerwähnt, auf dem sogenannten Stadtwerder (Bl. M u. N im Text).

Das zum Betriebe nöthige Leitungswasser wird aus der grofsen Weser entnommen, und ist deshalb die Anstalt mit derselben durch ein gufseisernes Rohr A (Bl. N), welches in den Pumpbrunnen B mündet, verbunden; der Brunnen C dient als Reserve für eine event. Vergröfserung des Werkes.

Aus dem Brunnen B wird das Wasser von der Maschine, welche sich im Hochreservoirgebäude im Raume D befindet, entnommen und durch einen Rohrstrang in die dahinter liegenden Filter I, II, III, gepumpt. Hieraus geht dasselbe, nachdem es die Filterschichten passirt und gereinigt ist, durch die auf dem Boden der Bassins befindlichen Canäle in das mit den Filtern verbundene Reinwasserbassin IV. Aus letzterem wird das Wasser mittelst der Maschine durch das im Eckthurm E befindliche Steigrohr in die im Hochreservoirgebäude auf + $39,_{063}{}^{m}$ liegenden zwei Stück eisernen Bassins (Reservoire) gepumpt, welche durch ein in dem Eckthurme F befindliches Fallrohr mit dem Rohrnetz in Verbindung stehen.

Alles Uebrige geht aus dem Situationsplane hervor.

### B. Erdarbeiten.

Die Erdarbeiten zur Aufhöhung des Areals der Stammanlage wurden schon vor der definitiven Genehmigung des Projectes am 15. März 1870 begonnen und mit Ausnahme der Planirungs- und anderen Nebenarbeiten im Januar 1872 beendet; jedoch war bereits vor dem Winter 1870 das mit seiner Oberkante auf + $2,_{894}{}^{m}$ liegende Terrain mit einem Deiche von allen Seiten bis auf die Höhe von + $7,_{234}{}^{m}$ eingeschlossen, so dafs die Ausfüllung, wozu der aus der grofsen Weser durch Dampfbaggerei gewonnene Sand verwandt ist, späterhin durch Hochwasser und Eisgang nicht mehr gestört werden konnte.

### C. Die Filter- und das Reinwasserbassin.

Die Construction der Filter I, II u. III und des Reinwasserbassins IV sind aus den Zeichnungen Blatt 51 u. 52 ersichtlich. Der Boden der Filterbassins liegt $481^{mm}$ höher als der der Reinwasserbassins; ebenso ist der normale Wasserstand in den Filterbassins um $242^{mm}$ höher als im Reinwasserbassin.

#### Die Filterbassins.

Die 3 Filter*) haben je eine Gröfse von $26 \times 26 = 676 \square^{m}$ und sind von 10zölligen Backsteinen in Trafsmörtel in den in den Zeichnungen angegebenen Stärken erbaut; der Boden derselben ist mit Backsteinen (Stromschichtenverband 4 Stein stark) abgepflastert, nachdem die darunter liegende Lehmschicht vorher gut eingestampft und eingeschlemmt war. Derselbe sowie die Wände im Innern der Bassins sind mit Portland-Cement gefugt.

Auf dem Boden eines jeden Bassins, welcher mit seiner Oberkante auf + $2,_{797}{}^{m}$ liegt, sind 9 Stück im Lichten à $121^{mm}$ breite und $193^{mm}$ hohe Sammelcanäle (Blatt 51 u. 52), welche das gefilterte Wasser in einen $434^{mm}$ im Quadrat grofsen Hauptcanal führen, angelegt.

Der Hauptcanal ist mit dem an den Filtern liegenden Reinwasserbassin durch eine in dem Schachte der Zwischenmauer liegende Schofsvorrichtung verbunden, wodurch der Zuflufs des Wassers regulirt event. abgeschlossen werden kann.

Die Sammelcanäle sind aus Backsteinen, die Seitenwände 1 Stein und die Decke $^{1}/_{2}$ Stein stark, hergestellt, und behufs schnellerer Zuführung des Wassers sind sowohl in den Seitenwänden als auch in der Decke $48^{mm}$ grofse Löcher angebracht.

Die Filterschichten (Blatt 52) sind der Reihe nach, von unten anfangend,

a. grober Steinschlag in einer Stärke von $530^{mm}$
b. mittlerer - - - - - 193 -
c. feiner - - - - - 145 -
d. grober Kies - - - - 145 -
e. feiner - - - - - 145 -
f. gewaschener Sand - - - - 723 -

mithin liegt die Oberkante der Sandschicht auf + $4,_{678}{}^{m}$.

Als Hauptfilter ist die obere Sandschicht anzusehen; die darunter liegenden Kies- und Steinschichten bilden den vermittelnden Uebergang, um ein Eindringen des Sandes in die Filtercanäle etc. zu verhüten, dienen aber auch gleichzeitig zur schnelleren Abführung des Wassers in das Reinwasserbassin.

Die allergröfste Vorsicht wurde auf die Reinigung des Filtermaterials verwandt, da hiervon allein das Resultat eines guten und reinen Wassers, wie solches von der Anstalt wirklich geliefert wird, abhängt.

Das Ablagern des Schmutzes auf die Sandschicht richtet sich nach dem Zustande des Wassers in der Weser. Ist dasselbe, wie z. B. im Frühjahr bei Hochwasser, sehr schmutzig, so geschieht die Ablagerung stärker als im Sommer bei niedrigem und reinerem Wasser.

Nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen dringen die schmutzigen Substanzen nicht tiefer als ca. $25^{mm}$ in die Sandschicht ein und bilden in dieser Stärke mit derselben eine so dichte Lehm- und Humusschicht, dafs das Filter eine ungenügende Quantität Wasser liefert, daher aufser Betrieb gestellt werden mufs. Die sodann nöthige schnelle Entfernung des auf der Filterschicht stehenden Wassers geschieht durch eine $76^{mm}$ weite Hebereinrichtung, welche erst später während des Betriebes angelegt ist. Das Abschälen der ziemlich fest zusammenhängenden Schmutzschicht läfst sich durch sogenannte Sodenstecher leicht bewerkstelligen und kann dann das Filter sofort wieder in Betrieb gesetzt werden, indem eine Ersetzung des abgeschälten Sandes nicht eher nöthig, als bis derselbe auf ca. $300^{mm}$ seiner Stärke verbraucht ist.

Die Zuführung des Wassers auf die Filter geschieht durch die im Situationsplane mit d bezeichneten, $381^{mm}$ weiten, durch einen Schieber abschliefsbaren Rohrleitungen, deren Ausmündung in den Bassins nach oben zu gekehrt ist. Die Form derselben ist trompetenförmig, um den ausströmenden Wasserstrahl auf eine möglichst grofse Fläche zu verbreiten. Zur Verhütung des Aufwühlens der Sandschicht ist in jedem Bassin unter der Ausmündung des Rohres ein $2,_{170}{}^{m}$ im Quadrat grofser, $434^{mm}$ dicker und $96^{mm}$ tief ausgehöhlter Obernkirchener-Sandstein gelegt und mit einer dünnen Kieslage umgeben.

Die Filterbassins sind mit dem Reinwasserbassin durch gufseiserne, mit Schieber zur Abstellung des Zuflusses ver-

*) Der aufserordentlich ausgedehnte Betrieb resp. Wasserverbrauch hat bereits die Nothwendigkeit einer Vermehrung der Filter bedingt und ist neuerdings die Herstellung von noch 2 Filterbassins, à $45^{m}$ lang und $27^{m}$ breit, beschlossen.

sehene Röhren verbunden, welche in die in dem Reinwasserbassin befindlichen Standröhren einmünden. Das Standrohr selbst besitzt 2 Ausflufsöffnungen, welche mit besonderen Vorrichtungen zur Regulirung der Druckhöhen für den Abzug des Wassers aus den Filtern in das Reinwasserbassin versehen sind. (Blatt 52, Fig. V.)

Bei abnehmender Durchlafsfähigkeit der Sandschicht in Folge längerer Benutzung geschieht die Abführung des Wassers dadurch, dafs die auf der Bodenhöhe des Filterbassins liegende, im Standrohr befindliche und durch ein Ventil geschlossene Ausflufsmündung geöffnet wird. Im andern Falle, wenn die Sandschicht rein, daher eine grofse Durchlafsfähigkeit besitzt, bleibt die untere Ausflufsmündung geschlossen und mufs das Wasser in dem Standrohre, welches mit seiner Oberkante ca. $300^{mm}$ unter dem Niveau des Oberwasserspiegels im Filterbassin liegt, aufsteigen und überlaufen, und kommt dann die kleinste Druckhöhe zur Geltung.

Das Schliefsen und Oeffnen des Ventils wird durch eine feststehende Schraube bewirkt, deren Spindelstange in einem gufseisernen Verschlufskasten bis auf Terrainhöhe hinaufführt.

Jeder der 3 Filter ist in der Höhe von $+ 5,_{643}{}^{m}$ mit einem $203^{mm}$ weiten, durch Schieber abschliefsbaren Ueberlaufrohr versehen.

Schliefslich sei noch bemerkt, dafs sich nach der längeren Benutzung der Filter herausstellte, dafs trotz des mit Sorgfalt ausgeführten Mauerwerks und Bodens ein geringer Wasserverlust eintrat, der sich theils auf die Porosität der zu den Mauern verwendeten Backsteine, theils auf ein Zusammendrücken der unter der Filtermasse liegenden Lehmunterlage resp. auf ein Setzen der darauf liegenden Abpflasterung zurückführen läfst. Ein weiterer Uebelstand wurde im Winter durch das Gefrieren des Wassers hervorgerufen, indem bei der nothwendigen Zerbrechung resp. Entfernung des Eises das Backsteinmauerwerk im Innern der Bassins durch Abbröckelungen litt. Diesem Uebelstande entgegen zu treten, würde es sich vielleicht empfehlen, die Ringmauern der Bassins zu dossiren und im Innern mit Klinkern zu verblenden, da die angewandten hartgebrannten Backsteine sich nicht ganz bewährt haben, vielleicht auch dieselben sowohl von innen als auch von aufsen noch mit Portland-Cement $25^{mm}$ dick abzuputzen und sauber abzuglätten, aufserdem aber noch von aufsen mit einer genügend starken und gut angestampften Lehm- oder Thonschicht zu umgeben.

Um dem Wasserverlust nach unten vorzubeugen und dem Drucke der Filtermassen entgegen zu arbeiten, wird es ebenfalls zweckmäfsig sein, über die mit Sorgfalt herzustellende Lehm- oder Thonschicht ein mit den Ringmauern in Verbindung stehendes Gewölbe, wenn auch nur mit geringer Pfeilhöhe, zu schlagen, dasselbe mit in Cementmörtel gemauerten Backsteinen abzupflastern und letztere mit einer $25^{mm}$ dicken Portland-Cementlage zu überziehen und abzuglätten.

### Das Reinwasserbassin.

Das Reinwasserbassin hat eine Gröfse im Lichten von $37,_{6} \times 37,_{6}$ ($= 1413,_{76}$ □$^{m}$) $- 75,_{36}$ □$^{m}$ (für die Pfeiler) $= 1338,_{40}$ □$^{m}$ und ist mit sogenannten 10zölligen Backsteinen in Trafsmörtel erbaut; die inneren Wandflächen sind mit Portland-Cement ausgefugt. Der Boden dagegen, welcher auf $+2,_{266}{}^{m}$ liegt, ist aus 2 Flachschichten mit einer darauf gemauerten Rollschicht in Trafsmörtel gefertigt und mit einer $25^{mm}$ starken Portland-Cementlage abgeputzt und abgeglättet, und hat hier weder ein Verlust an Wasser, noch ein Eindringen desselben von unten stattgefunden.

Wie in den Filtern, ist auch in diesem Bassin auf $+ 5,_{304}{}^{m}$ ein $203^{mm}$ weites Ueberlaufrohr angebracht.

Zur vollständigen Entleerung bei nöthig werdender Reinigung des Bassins dient ein ebenfalls $203^{mm}$ weites Ablafsrohr, welches in Gemeinschaft mit dem Ueberlaufrohr auf $+ 2,_{368}$ durch das Mauerwerk geführt ist und dann mit diesem zu einem Rohre vereinigt in einem seitwärts des Bassins eingebauten, jederzeit zugänglichen Schacht ausmündet.

Durch aufserhalb des Mauerwerks angebrachte Schieber sind beide Rohre aufser Wirkung zu stellen.

Um das filtrirte Wasser im Winter vor Frost und im Sommer vor Wärme zu schützen, ist das Bassin zwischen eisernen Balken überwölbt, und das Gewölbe mit einer Lehmschicht von ca. $1^{m}$ Stärke überdeckt. Die Ab- und Zuführung der Luft in dem Bassin geschieht durch in dem Gewölbe deshalb angebrachte Ventilationsröhren.

Der jedesmalige Wasserstand ist durch angebrachte Pegel in allen Bassins leicht erkennbar.

Die Herstellung der Filter- und des Reinwasserbassins nahm die Zeit vom 20. Juni 1871 bis 23. März 1872 in Anspruch.

### D. Das Hochreservoirgebäude.

Bei den seiner Zeit angestellten Untersuchungen des Terrains für die Erbauung des Hochreservoirgebäudes hatte sich herausgestellt, dafs unter der bis zu einer Tiefe von $- 1,_{160}{}^{m}$ reichenden Sandschicht sich eine $720^{mm}$ starke Schlickschicht befand, und mufste wegen der Sicherheit des colossalen Gebäudes auf eine künstliche Fundamentirung Bedacht genommen werden.

Unter den obwaltenden Umständen wurde daher die Ausführung eines Pfahlrostes angeordnet und sind dazu 1684 Stück Pfähle à $7,_{230}{}^{m}$ lang und von $250^{mm}$ mittlerem Durchmesser verwendet. Die von jedem Pfahl zu tragende Last ist auf ca. $15000^{k}$ angenommen. Die Herstellung des Pfahlrostes, dessen Oberkante auf Null liegt, wurde, abgesehen von einigen durch Hochwasser hervorgerufenen Störungen, unter Anwendung von 2 Dampframmen innerhalb 17 Wochen (26. Mai — 27. August 1871) bewirkt. Pro Tag sind durchschnittlich 14 Stück Pfähle eingerammt.

Das Gebäude, dessen Gröfse durch die auf $+ 39,_{063}{}^{m}$ stehenden Reservoire bedingt wurde, hat auf $+ 12,_{847}{}^{m}$ mit den Strebepfeilern eine Ausdehnung von $30,_{672}{}^{m}$ im Quadrat, und ist von 12zölligen rothen Backsteinen in Kalkmörtel ausgeführt. Sämmtliche Gesimse sind von profilirten Quadern, welche aus den unterirdischen Brüchen der Porta, Besitzer M. Michelsohn & Comp. zu Hausberge, fertig bearbeitet geliefert wurden, hergestellt. Die Höhe des Gebäudes über dem Deiche beträgt bis zur Zinnenoberkante $39,_{353}{}^{m}$, liegt also auf $+ 46,_{587}{}^{m}$.

Die 4 an den Ecken stehenden Thürme sind in der Weise ausgenutzt, dafs in den im Grundrifs (Blatt 51) mit G bezeichneten die Treppe, in den dahinter liegenden, F, das Fallrohr zur Stadt, in den mit E bezeichneten das Steigrohr (Zuführungsrohr zu den Reservoiren) und in den hin-

ter diesem liegenden, H, das gufseiserne Schornsteinrohr gelegt sind.

Im Innern ist das Gebäude in seiner ganzen Höhe durch eine Zwischenmauer, welche zur Unterstützung der beiden von einander getrennt erbauten Reservoire dient, in zwei Hälften getheilt.

Der untere Raum D enthält die beiden Betriebs-Maschinen, während der danebenliegende, ebenso grofse Raum bei einer späteren Vergröfserung der Maschinenanlage zu benutzen ist. Beide Räume sind mit Kreuzgewölben zwischen profilirten Gurtbogen überwölbt und haben eine lichte Höhe von $12,_{153}{}^{m}$. Die über den Maschinenräumen liegenden Böden, sowie die Lage der Reservoire und alle übrigen Anordnungen sind aus dem Durchschnitt auf Blatt 50 ersichtlich; nur sei bemerkt, dafs in dem Reservoirraum zum Schutze gegen Temperaturveränderungen Doppelfenster angebracht sind, und dafs der unter den Reservoiren befindliche Boden behufs Aufnahme des Tropfwassers mit Asphalt abgedeckt ist.

Das Dach hat einen quadratischen Raum von $24,_{595}{}^{m}$ lichter Weite zu überdecken. Dasselbe ist in Eisen so construirt, dafs 4 Hauptsparren von den Ecken des Quadrats in diagonaler Richtung und 4 Hauptsparren von den Mitten der Quadratseiten ausgehend, sich in der Mitte an einem Ringe von $868^{mm}$ äufserem Durchmesser vereinigen. Analog den Hauptsparren sind Träger zur Aufnahme eines Bodens angebracht. Die Träger dienen zugleich als Anker und sind mit den Bindern durch Streben und Hängestangen verbunden; dieselben vereinigen sich ebenfalls in der Mitte an einem Ringe von $868^{mm}$ Durchmesser. Der letztere Ring ist mit dem oberen durch entsprechende Winkeleisen verbunden, die den Auflagerdruck der verschiedenen Sparren aufzunehmen haben.

Die Hauptsparren wie die Deckenträger sind parallel zu den Quadratseiten durch Träger in je $2,_{894}{}^{m}$ Entfernung mit einander verbunden, wodurch das Dach in einer unverrückbaren Lage erhalten wird, und bilden dieselben zugleich das Auflager für die hölzernen Nebensparren und Deckenhölzer, welche $916^{mm}$ von einander entfernt angebracht sind. Als Deckmaterial ist Schiefer, auf Pappe gelegt, verwendet.

Die Fertigstellung des Hochreservoirgebäudes incl. des Pfahlrostes erfolgte in der Zeit vom 27. Aug. 1871 bis 10. Novbr. 1873.

### E. Kesselhaus und Fuchs.

### F. Wohnhaus nebst Verbindungsmauer.

Die Anordnungen dieser Gebäulichkeiten geht zur Genüge aus den Zeichnungen auf Blatt 49 u. 51 hervor. Die Ausführung erfolgte conform dem Hochreservoirgebäude aus sogenannten 12zölligen Backsteinen unter Anwendung von Portoquadern zu den Gesimsen und Bekrönungen.

Die äufsere Architektur dieser Hochbauten ist von dem Architekten Herrn J. G. Poppe zu Bremen, nach Feststellung der äufseren Formen und Grundrisse durch den Hrn. Oberbaurath Berg, entworfen.

### G. Die Rohrleitungen.

Die vom Hochreservoire und der Maschinenanlage aus zur Stadt gehende Hauptrohrleitung hat bis zur grofsen Weserbrücke eine lichte Weite von $508^{mm}$ und ist unweit der Stammanlage durch den oberländischen Sicherheitshafen geführt. Vor der grofsen Weserbrücke zweigt eine $305^{mm}$ weite Leitung zur Versorgung der Neustadt ab, welche über die kleine Weserbrücke doppelt gelegt ist, um vorkommenden Falles das eine Rohr als Reserve zu benutzen.

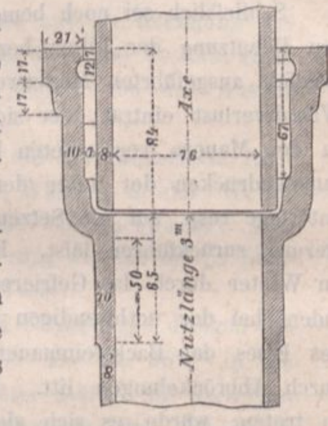
Die Leitung über die grofse Weserbrücke besteht aus drei Strängen à $356^{mm}$ Durchmesser, wovon ebenfalls ein Rohr als Reserve dient. Alle drei vereinigen sich am Ende der Brücke wieder zu einer $508^{mm}$ weiten Leitung, die dann in dieser Weite bis zum Markt fortgeführt ist. Das Herabgehen von $508^{mm}$ auf $356^{mm}$ durch diese Brücke wurde durch deren Eisenconstruction bedingt.

Die Weiterführung der ferneren Hauptrohrstränge ist dann durch 305, 254, 203 und $152^{mm}$ weite Röhren erfolgt, von welchen je nach der Gröfse der Strafsen und des voraussichtlichen Wasserconsums $102^{mm}$ und $76^{mm}$ weite Röhren abzweigen resp. anschliefsen.

Blatt M zeigt das Rohrnetz. Die Gesammtlänge des Rohrnetzes beträgt $= 76030^{m}$. Hiervon sind:

$28657^{m}$ $76^{mm}$ weit, $16620^{m}$ $102^{mm}$ weit.
18524 - 152 - - 4832 - 203 - -
3134 - 254 - - 2826 - 305 - -
445 - 356 - - 992 - 508 - -

Es sind ferner, im Mittel je $91^{m}$ von einander entfernt, im Ganzen 577 Stück Hydranten eingesetzt, aufserdem 168 Stück Schieber und 120 Stück Freibrunnen angelegt.




Die verwendeten gufseisernen Muffenröhren haben folgende Abmessungen, zu deren Erläuterung beistehende Skizze eines $76^{mm}$ weiten Rohres dient:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Der Röhren | innerer Durchmesser . . . | 76 | 102 | 152 | 203 | 254 | 305 | 356 | 508 |
| | Wandstärke . . | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 14 | 15 | 19 |
| | äufserer Durchmesser . . . | 93 | 119 | 173 | 226 | 279 | 333 | 386 | 546 |
| Der Muffen | Tiefe bis zum inneren Vorsprung . . . | 67 | 72 | 80 | 85 | 90 | 95 | 98 | 129 |
| | Tiefe des inneren Vorsprungs . | 17 | 18 | 20 | 21 | 23 | 24 | 25 | 32 |
| | gesammte Muffentiefe . . . | 84 | 90 | 99 | 107 | 113 | 118 | 123 | 162 |
| | Bleifugentiefe . | 38 | 38 | 41 | 44 | 51 | 51 | 51 | 57 |
| | Bleifugenweite . | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| | innerer Durchmesser . . . | 106 | 134 | 189 | 243 | 297 | 352 | 406 | 566 |
| | äufserer Durchmesser . . . | 127 | 156 | 214 | 272 | 329 | 387 | 444 | 614 |
| | Radius der inneren Nuthe . . | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| | Sehnenlänge der inneren Nuthe | 12 | 12 | 14 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 |
| | Wulsthöhe . . | 21 | 22 | 25 | 29 | 32 | 35 | 38 | 48 |
| | äufserer Wulstdurchmesser . | 147 | 178 | 239 | 300 | 361 | 421 | 482 | 662 |
| | Verstärkungsreiflänge . . . | 65 | 70 | 78 | 84 | 89 | 94 | 99 | 126 |
| | Wulstdicke . . | 33 | 36 | 40 | 43 | 45 | 47 | 49 | 65 |
| | Wandstärke . . | 10 | 11 | 13 | 14 | 16 | 17 | 19 | 24 |
| | Verstärkungsreifdicke . . . | 10 | 11 | 13 | 14 | 16 | 17 | 19 | 24 |

Vor der Abnahme wurden die Röhren auf 12 resp. 15 Atmosphären Druck geprüft, wobei bei der Prüfung auf nur

12 Atmosph. Druck ein Anschlagen mit $^1/_4$ bis $1^1/_2{}^k$ schweren Hämmern erfolgte.

Die Hydranten (Blatt 53 Fig I) sind mit Selbstentleerung nach den neuesten und besten Principien construirt. Die Tiefenlage derselben ist derjenigen der Röhrenleitung entsprechend. Die Ausgangsöffnung mündet seitwärts über dem Ventil in ein bis beinahe auf Pflasterhöhe hinaufgeführtes, zur gröfseren Sicherheit gegen Zerspringen aus 2 Theilen gefertigtes Aufsteigrohr, welches in einem gufseisernen Verschlufskasten endet und daselbst mit einem kurzen Messingstück durch 4 Schrauben fest verbunden ist. Um beim Nichtgebrauch der Hydranten das Wasser im Steigrohr und oberhalb des Ventils zu entfernen, resp. um dasselbe beim Schliefsen des Ventils und Abschrauben des Standrohrs oder der Schläuche ablaufen zu lassen, ist mit besonderer Sorgfalt eine selbstthätige Entleerung eingerichtet, indem unmittelbar über dem geschlossenen Ventil eine kleine Oeffnung in der Wandung des Hydrantengehäuses sich befindet, welche durch das gehobene Ventil abgeschlossen, resp. durch das niedergedrückte Ventil frei gemacht wird, und so ein allmäliges Versickern des Wassers in den den Hydranten umgebenden Boden gestattet. Die Abschliefsung dieser Oeffnung erfolgt durch eine Lederscheibe, welche durch entsprechende Oeffnungen im Gufskörper des Ventils stets feucht erhalten wird, und von aufsen gegen etwaige Verstopfung durch das Erdreich mittelst eines am Hydrantengehäuse angegossenen Ansatzes geschützt ist. Die beim Oeffnen des Ventils frei werdende Durchgangsöffnung, sowie die Ausgangsöffnung des Hydranten und die Lichtweite des Steigrohrs beträgt $63^{mm}$.

Der Abschlufs eines jeden Hydranten wird durch ein mit Gummi und Hanfeinlage gelidertes Scheibenventil bewirkt, dessen allmälige Auf- und Abbewegung durch eine feststehende Schraube geschieht. Das Ventil selbst wird mittelst zweier an Führungsleisten gleitenden Lappen in verticaler Richtung erhalten.

Die Brunnen sind nach Blatt 53 Fig. II ausgeführt.

Durch einen besonderen Durchlafshahn, nahe dem Mechanismus wird der Brunnen vom Anschlufsrohr an die Hauptleitung abgeschlossen, um etwaige Reparaturen vornehmen und auch zugleich eine Regulirung des zu liefernden Wasserquantums besorgen zu können. Zur Abgabe des Wassers dient ein Hebel, durch dessen Herabdrücken das Zuflufsrohr sich öffnet. Um wegen Einflufs des Frostes das Zerspringen der Röhren zu verhüten, ist die Einrichtung getroffen, dafs die Entleerung des Steigrohres zugleich mit dem Schliefsen des Zuflufsrohres erfolgen kann, und zwar der Art, dafs, wenn das Ventil für das Zuflufsrohr durch die Aufwärtsbewegung eines Hebels geöffnet wird, sich zugleich dasjenige für das Abflufsrohr schliefst, und umgekehrt. Sobald der Druck am Hebel aufhört, wird das Schliefsen resp. Oeffnen der Ventile auf leichte und sichere Weise durch angebrachte Gegengewichte bewirkt.

Der ganze Brunnenmechanismus, soweit derselbe nicht im Pfosten befindlich, steht in einem ausgemauerten wasserdichten Schacht, Blatt 53 Fig. III, welcher oberhalb mit einem Holzbohlenbelag abgedeckt ist, um durch Aufbringung von Deckmaterial den Frost noch mehr abzuhalten.

Zu bemerken ist noch, dafs die gewählten Bleirohre für längere Zuleitungen beim späteren Betriebe zuweilen geplatzt sind, auch das obere Gewinde der Ventilspindel zu schwach construirt und daher ab und zu zerbrochen ist, ebenso eine öftere Auswechselung der Gummi-Dichtungsscheiben vorgenommen werden mufste; dagegen bleibt eine besonders leichte Handhabung der Brunnen zu constatiren.

Die zur Anwendung gekommenen Schieber sind aus Blatt 53, Fig. IV ersichtlich.

Schliefslich sei noch erwähnt, dafs die Rohrleitung durch den Oberländischen Hafen (Blatt 54, Fig. I), an beiden Seiten aufsteigend, in einer Länge von $41^m$ von Schmiedeeisen aus einem Stück hergestellt ist. Beim Einbringen wurde dieselbe, nachdem die entsprechende Vertiefung ausgebaggert war, von einem Bockschiff auf Gleitbalken herabgelassen, was ohne besondere Schwierigkeiten vor sich ging.

Jede der über die grofse Weserbrücke gehenden Rohrleitungen (Blatt 54, Fig. II) hat eine Länge von $136,_{426}{}^m$ und besteht aus 28 Stück Einzelröhren, wovon 26 Stück à $4,_{851}{}^m$ und die an den Enden befindlichen 2 Stück à $5,_{15}{}^m$ lang sind. In der Mitte der Brücke ist eine Compensationsmuffe (Blatt 54, Fig. III) eingeschaltet.

Um die Leitungen gegen Frost zu schützen, ist das der Mitte der Brücke am nächsten liegende Rohr mit trockener, gesiebter Steinkohlenasche umgeben, jedes der andern beiden dagegen mit drei à $19^{mm}$ dicken Lagen Filz, welche durch einen Mantel aus Walzblei zusammen gehalten werden, umgeben; ferner sind noch die betreffenden Räume zwischen zwei Brückenträgern durch Bretter kastenförmig hergestellt und mit einer circa $152^{mm}$ dicken Schicht Steinkohlenasche ausgefüllt. Zur Abhaltung der von oben eindringenden Feuchtigkeit sind alle 3 Rohrräume in Trägerhöhe mit Walzblei abgedeckt.

Die End-Verbindungsstücke (Fig. II) der Brückenrohre mit der Strafsenleitung liegen in ausgemauerten Räumen und sind jeder Zeit mittelst Einsteigeschächte zugänglich. Die weitere Verbindung derselben ist auf Blatt 54, Fig. IV dargestellt.

Am höchsten Punkt der Brücke, etwa in der Mitte, sind Lufthähne angebracht. Als Verdichtung zwischen den abgedrehten Flantschen sind Gummiringe angewandt.

Die Stirnflächen der Bleche in den Längsfugen sind gehobelt und ist für die bei 12 Atmosphären Druck erforderliche Dichtigkeit nur ein unbedeutendes Verstemmen von aufsen nöthig gewesen.

In ähnlicher Weise wurden auch die beiden Leitungen durch die kleine Weserbrücke (Blatt 54, Fig. V), von denen jede $62^m$ lang ist, ausgeführt.

Die Rohrleitungen durch den Oberländischen Hafen und die beiden Weserbrücken sind von der Actien-Gesellschaft „Weser" zu Bremen geliefert und ausgeführt.

Der Verlauf der ganzen Arbeiten für das Rohrnetz ist folgender:

Nachdem am 12. October 1871 mit dem Legen der Röhren begonnen, sind mit Einschlufs der $63^{mm}$ Zuleitungen für die Hydranten fertig gestellt bis Ende October 1872: an Röhren $69240^m$, 132 Stück Schieber und 279 Hydranten,

| | an Röhren | Stück Schieber | | Stück Hydranten |
|---|---|---|---|---|
| bis Ende November 1872 | $70115^m$ | 139 | und | 349 |
| - - December 1872 | 71650- | 146 | - | 349 |
| - - Januar 1873 | 71900- | 148 | - | 352 |

| | | an Röhren | Stück Schieber | | Stück Hydranten |
|---|---|---|---|---|---|
| bis Ende Februar | 1873 | 72785$^m$ | 149 | und | 415 |
| - - März | 1873 | 73955 - | 158 | - | 485 |
| - - April | 1873 | 76657 - | 168 | - | 577 |

Die Anlieferung und das Legen der Röhren war von der Firma J. & A. Aird im Submissionswege übernommen und sind alle Lieferungen und Arbeiten exact und völlig zufriedenstellend ausgefallen.

Zum Schlufs mag noch erwähnt werden, dafs während der Bauzeit 1870 Stück Zuleitungen für Privatconsum fertig gestellt wurden. Spätere Anbohrungen, als die Röhren schon gefüllt waren, sind durch Umlegung sogenannter Schellen mit Hülfe von Bohrmaschinen, wie Blatt 54, Fig. VI zeigt, unter vollem Druck bewerkstelligt, ein Verfahren, das auch beim Betriebe fortgesetzt ist und sich bis jetzt gut bewährt hat.

(Schlufs folgt.)

# Ueber Nebelsignale und die 1875 zu Bülk errichtete Nebelsignal-Station.

(Mit Zeichnungen auf Blatt 61 und 62 im Atlas und auf Blatt P im Text.)

Bei dem in den letzten 40 Jahren in nie geahnter Weise entwickelten Seeverkehr, seitdem die Zahl, Gröfse und Schnelligkeit der alle Wasserstrafsen durchkreuzenden Dampfschiffe so bedeutend zugenommen hat und in stetig fortschreitender Steigerung begriffen ist, hat sich die Zahl und Gröfse der Unglücksfälle zur See ebenfalls in erschreckenerregender Weise vermehrt. Ihnen so viel als möglich vorzubeugen, ist daher eine der wichtigsten Aufgaben geworden. In erster Linie steht hierbei die Deckung der Küsten und Untiefen, d. h. die Markirung derselben der Art, dafs der Schiffer sie in hinreichendem Abstand erkennen kann, um sie zu vermeiden oder ihren Schutz (Hafen) zu suchen, je nachdem es sein Ziel oder seine Sicherheit erfordert.

Das älteste Mittel zur Erreichung dieses Zweckes richtete sich gegen den allgemeinsten und früher gefährlichsten Feind der Schiffer, die Nacht. Bei Nacht die Küsten und die frei vorliegenden gefährlichen Punkte durch Lichtsignale kenntlich und unterscheidbar zu machen, ist seit sehr frühen Zeiten angestrebt worden, und hat in den letzten 50 Jahren einen sehr hohen Grad der Vollendung erreicht. Die Küsten fast aller civilisirten Völker sind mit zahlreichen, sich jährlich vermehrenden Leuchtfeuern versehen, deren Licht bei mittlerer Luft meist 20 Meils*) und mehr in See sichtbar ist. Die gut erleuchteten Küsten von Frankreich, England, Deutschland u. a. m. bieten dem Schiffer eine fortlaufende und geschlossene Kette ineinander greifender Licht- oder Feuerkreise, und es wäre in dieser Beziehung Genüge geschehen, wenn nicht, nachdem der eine bewältigt, ein anderer Feind an Bedeutung gewönne, und durch die so bedeutend gesteigerte Schnelligkeit und Gröfse der heutigen Schiffe von leider immer einschneidenderer Bedeutung würde. Dieser Feind ist der Nebel, der nicht nur Nachts unsere stärksten Feuer vollständig löscht, so dafs sie selbst auf ganz geringe Entfernungen unsichtbar werden, sondern auch bei Tage die Schiffe und Küsten mit einem undurchsichtigen Schleier umhüllt, und zu den beklagenswerthesten und schwersten Unglücksfällen führt.

Gegen diesen Feind anzukämpfen, ist seit langer Zeit versucht worden. Instinctmäfsig hat man den Bruder des Lichtes, den Schall (Ton) anzuwenden versucht, aber bis in die neueste Zeit mit geringem Erfolg. Von Menschen angeblasene, möglichst grofse Hörner, Gonys und dergl. waren in Gebrauch, konnten aber selbstredend von keiner grofsen, Meilen weit reichenden Wirkung sein.

Etwas weiter kam man mit den Glocken, die in verschiedenem Material und sehr abweichender Gröfse ausgeführt wurden, und welche man durch Menschenhand oder durch Uhrwerke in regelmäfsigen Intervallen anschlagen liefs. Aber obgleich man (in England) Glocken von 32 und selbst 42 Centner Schwere zur Anwendung brachte, wurde kein auch nur annähernd genügender Erfolg mit denselben erzielt.

Eine kräftigere Waffe bot sich in den Geschützen dar. Allein auch diese zeigten sich wenig zu einer allgemeinen Anwendung geeignet. Der meist Stunden, an manchen Küsten Tage lang anhaltende Nebel erfordert eine eben so lange und ganz regelmäfsige Thätigkeit des Signales. Dies ist bei Kanonen nicht durchführbar und wird selbst bei ungenügender Weise sehr theuer und gefährlich. Abgesehen hiervon, ist der Ton der Kanone ein zu momentaner, um bei Sturm und Toben der See sich leicht kenntlich zu machen, und es läfst sich eine gewöhnliche Kanone in der Regelmäfsigkeit, welche gefordert werden mufs, und von der meist nur aus einem Mann bestehenden Bedienungsmannschaft erfahrungsmäfsig nicht rascher als alle 15 Minuten einmal abfeuern. So grofse Zeitintervalle bei so kurzen Tonsignalen genügen aber nicht. Eine Minute sollte als Maximum nicht überschritten werden. Aufserdem haben die Geschütze nicht, wenigstens nicht unter allen Verhältnissen, die Weithörbarkeit, welche man voraussetzt. Starker Gegenwind beschränkt dieselbe und Windstöfse erdrücken den momentan sich entwickelnden Ton oft in der Richtung des Rohres. Aber trotz dieser Uebelstände ist die Kanone, und zwar 18-Pfünder mit 3 Pfd. Pulverladung, an einzelnen sehr gefährlichen und wichtigen Punkten der englischen und irischen Küsten als Nebelsignal eingeführt worden, auch ein Punkt in Deutschland, Bülk an der Mündung der Kieler Bucht, war damit ausgerüstet. Amerika hat dagegen Kanonen ganz verworfen, nachdem 1856 eine solche an der Bucht von St. Francisco versucht worden war. Nach den neuesten Versuchen und Erhebungen in England will man aber die Kanone nicht ganz verwerfen. Die Folge der Detonationen soll durch eine drehbare Patronenkammer von mindestens 5 Ladungen abgekürzt werden, so dafs je 5 Signale sich in kürzeren Zeitintervallen folgen, und die Tragfähigkeit, besonders gegen den Wind, soll durch parabolische Mundstücke vor der Mündung des Rohres erhöht werden. Die im Februar und März 1875 in der letzteren Richtung angestellten Versuche haben

*) Die hier und im Folgenden angegebenen Meilen, Meils, sind, wo nicht speciell andere genannt sind, Seemeilen, 60 auf den Grad, oder 4 gleich einer geographischen Meile.

keine ungünstigen Resultate ergeben. Dagegen haben die Geschütze bei den weiter unten genauer zu besprechenden Versuchen mit verschiedenen Nebelsignalen zu South Foreland bei Dover, 1873/74, gegenüber den neuesten und besten anderen Tonsignalen sich nicht als überlegen erwiesen, wenigstens nur in einzelnen Fällen. Es wurden dort neben dem schon erwähnten 18-Pfünder die $5^1/_2$-zöllige Haubitze und der 13-zöllige Mörser erprobt, alle drei mit 3 Pfd. Ladung. Von diesen hat die Haubitze sich entschieden als die beste für Tonsignale bewiesen.

Aber einer anderen eigenthümlichen Wirkung der Geschütze mag gleich hier Erwähnung geschehen. Bei den Erhebungen, betreffend die Nützlichkeit der an der irischen Küste aufgestellten Nebel-Kanonen, ist von verschiedenen Capitainen constatirt worden, dafs bei dichtem Nebel, welcher die stärksten Leuchtfeuer unsichtbar gemacht, der Blitz des Geschützes noch einen eigenthümlichen Lichtschein im Nebel erzeuge, welcher die Richtung der Station genau markire. Dieser Lichtreflex soll sich im Nebel zeigen, selbst wenn der Ton der Kanone unhörbar ist. Die Kanone träte also, wenn sich dies bestätigt, wieder als Lichtsignal auf, und zwar in einer Wirkung, welche der der offenen Feuer der alten Leuchtfeuer-Stätten zu vergleichen wäre. Ist dies wirklich der Fall und dieser Lichteffect von so guter Wirkung, so würde sich derselbe wahrscheinlich in gröfserem Maafse auch ohne das Geschütz, durch die directe Entzündung explodirender Körper erzielen lassen.

Diesen ungenügenden Resultaten gegenüber gebührt den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika das Verdienst, weiter vorgegangen zu sein und kräftigere, einer weiteren Entwickelung fähige Apparate erfunden und angewandt zu haben. Freilich trat dort eine zwingende Nothwendigkeit ein. Die Dampfschifffahrt hat sich dort rascher als in Europa entwickelt; unzählige Küsten- und Localdampfer durchkreuzen die Buchten und Binnenseen und fahren mit einer übertriebenen Geschwindigkeit, nur bestrebt, stets und unter allen Umständen die auf ein Minimum festgesetzte Fahrzeit einzuhalten. Dies Streben mufste bei den an den nördlichen Küsten des atlantischen wie stillen Oceans periodisch herrschenden langen und dichten Nebeln*) zu zahlreichen, sich stets steigernden Unglücksfällen führen. Durch diese und den nationalen Trieb, durch Nichts sich im Verkehr stören und unterbrechen zu lassen, hat sich nicht nur das nordamerikanische Leuchtfeuer-System viel üppiger entwickelt als an anderen Küsten, sondern die Forderung von brauchbaren Nebelsignalen trat dort schon sehr viel früher als an den europäischen Küsten auf. Mitte der fünfziger Jahre beginnen schon die darauf bezüglichen Versuche und Erörterungen. Drei Instrumente oder Apparate sind dort allmälig zu allgemeiner Anwendung gekommen. Das erste war ein grofses gerades Horn (6 bis später 9 Fufs lang), nach seinem Constructeur Daboll benannt; es wird durch comprimirte Luft angeblasen, und daher sind Luftpumpen, meist durch calorische Maschinen getrieben, zu seinem Betriebe erforderlich. Später trat die Dampfpfeife ein und seit circa 5 Jahren die Sirene, für die vorliegenden Zwecke zuerst von F. & A. Brown in New-York construirt, und wie die Dampfpfeife mit hochgespannten Dämpfen direct angeblasen. Diese drei sind heute in Nordamerika in ausgebreiteter Anwendung. 1872 besafsen die Vereinigten Staaten an ihren Küsten des atlantischen Oceans, des mexikanischen Golfs, des stillen Oceans und der grofsen nördlichen Binnen-Seen zusammen 33 mit einem der genannten Instrumente ausgerüstete Nebelsignalstationen, bis Ende 1875 hatten sich dieselben auf 45 vermehrt; die Gesammtlänge der genannten Küsten beträgt rot. 10200 Meils = 2550 geographische Meilen, doch fällt der gröfste Theil der Nebelsignale auf die nördlichen Distrikte der genannten Meere und der Seen. Die meisten, wohl $^2/_3$ dieser Nebelsignale sind Dampfpfeifen von 10 und 12 Zoll engl. Durchmesser.

Von diesen Fortschritten gelangte jedoch wenige oder gar keine Kunde nach Europa. England hatte bis incl. 1873 kaum einige Daboll-Hörner älterer Construction aufgestellt, die aber nicht die erhofften Leistungen zeigten, Frankreich hatte gar keine derartigen Nebelstationen. Eben so wenig war über die wirklich erlangten Resultate etwas bekannt. Als aber auch diesseits des Oceans das Bedürfnifs in dieser Richtung immer dringender wurde, sandte Trinity-House im August 1872 eine Commission nach den Vereinigten Staaten und Canada, um die dortigen Apparate und Einrichtungen kennen zu lernen. Der Bericht dieser Commission, auf Parlamentsbeschlufs vom 21. Mai 1873 veröffentlicht, ist eigentlich kaum mehr als ein dürftiges Tagebuch. Neben einzelnen wirklichen, aber bei Tage angestellten Beobachtungen, welche die Brauchbarkeit oder Dienstfähigkeit der genannten 3 Instrumente auf 2 bis 12 Meils constatirten, und einer Beobachtung bei dickem Nebel, bei welchem gegen einen leichten Wind das eine Nebelsignal (Pfeife) 5 Meils, das andere (ebenfalls Pfeife) nur 3 Meils gehört wurde, sind die Schlufsbemerkungen das Wichtigste dieses Berichtes. Diese lauten in treuer Uebersetzung:

„Wir fanden, dafs die Nebelsignale in derselben Weise wie Leuchtfeuer und Baken bei klarem Wetter benutzt wer-

*) An den Küsten um und nördlich von New-York herrschen im Jahre rot. 800 Stunden Nebel, welche die Thätigkeit der Stationen verlangen und sich meist auf die eine Jahreshälfte, die Sommermonate concentriren. Dafs einzelne Stationen 24, selbst bis 44 Stunden hinter einander thätig sein müssen, soll öfter vorkommen; die längste Arbeitszeit hat im Juli 1870 auf der Insel Sandy Hook stattgefunden mit 240 Stunden. In England wurden 50 bis 70 Tage Nebel gerechnet. Die Nebel-Kanone zu Lundy feuerte 1873 in rot. 509 Stunden Nebel 2065 mal; die folgende Tabelle zeigt, dafs dort alle Monate vom Nebel heimgesucht sind, und giebt die Dauer der Nebel, sowie die Zahl der abgegebenen Schüsse für jeden Monat an.

| Monat | Ganze Dauer des Nebels oder Schnees | | Längste desgl. | | Zahl der abgegebenen Schüsse |
|---|---|---|---|---|---|
| | Stunden | Minut. | Stunden | Minut. | |
| Januar | 18 | 40 | 7 | 00 | 77 |
| Februar | 25 | 25 | 10 | 00 | 104 |
| März | 60 | 10 | 31 | 10 | 211 |
| April | 39 | 45 | 23 | 10 | 168 |
| Mai | 69 | 55 | 39 | 50 | 279 |
| Juni | 34 | 25 | 12 | 50 | 142 |
| Juli | 32 | 50 | 9 | 30 | 139 |
| August | 87 | 40 | 35 | 45 | 357 |
| September | 28 | 00 | 11 | 10 | 107 |
| October | 43 | 10 | 9 | 35 | 190 |
| November | 36 | 20 | 9 | 30 | 160 |
| December | 32 | 35 | 6 | 50 | 131 |

In Bülk, an der Kieler Bucht, wurden nur beim Passiren des Kopenhagener Dampfschiffes und nur auf dessen Verlangen (wenn es zuerst einen Schufs abgab) die Kanone abgefeuert. In den Jahren 1857 bis 75 incl. sind im Jahre 17 bis 40 Schüsse abgegeben, die meisten im December bis incl. März, doch mitunter auch vorherrschend im April und October und November.

den, und daſs man sich auf sie eben so unbedingt verläſst. Amerikanische Schiffe richten sich nach ihnen, unbekümmert um alle Bedenken einer überzahlreichen Schifffahrt oder anderer Gefahren. Die Fall-River-Newport und New-York-Dampfer, die zwischen Portland und Halifax oder St. John's und der Fundy-Bay, gestatten selten oder niemals dem Nebel, sie aufzuhalten, und bleiben selten viel hinter ihrer Zeit zurück. Dies ist allein durch die Einwirkung der Nebelsignale ermöglicht. Unzweifelhaft begleitet diese Art der Schifffahrt eine groſse Gefahr, und mitunter endigt sie in schweren Unfällen, wie ein solcher dem Dampfer Metis während unseres Aufenthaltes zustieſs. Ein Segel-Schooner lief gegen den Dampfer, während beide mit bedeutender Geschwindigkeit während eines Nebels liefen, und mit solcher Stärke, daſs, obgleich er sich einige Stunden flott erhielt, er doch schlieſslich mit einer groſsen Zahl Menschen verloren ging. Nebel kann als der normale Zustand der amerikanischen Küsten, während der einen Hälfte des Jahres oder mehr, bezeichnet werden. Schiffsführer und Eigner können nicht ertragen, von ihnen aufgehalten zu werden, und so laufen sie das Risico.

Was die Wirksamkeit oder Hörweite der gewöhnlich angewandten Signale betrifft, so sind wir der Meinung, daſs man sich sicher auf alle Hörner und Pfeifen, welche wir hörten, wenn Vorsorge und Aufmerksamkeit angewandt wird, bis zu einer Tragweite von zwei bis acht Seemeilen verlassen kann, je nachdem die atmosphärischen Verhältnisse sind und je nach der Richtung und Stärke des Windes.

Es ist ganz sicher, daſs es bei den Abweichungen, welche die Durchlässigkeit des Tones (Fortpflanzung) zu charakterisiren scheinen, eintreten mag, daſs sie weiter hörbar sind, aber der Ton ist dann schwach und nicht leicht für einen unerfahrenen Beobachter erkennbar. Wir hörten die Dampfpfeife des Maniconagan-Feuerschiffes 12 Meils bei leichtem Wetter, aber wir kannten die Richtung und sahen den Dampfstrahl, der uns auf den Ton vorbereitete, ein Sinn unterstützte den andern. Aber um den practischen Werth eines Nebelsignales zu erproben, darf nur ein Sinn allein, das Gehör, wirklich thätig sein, und deshalb stimmen wir darin überein, daſs 8 Seemeilen die äuſserste Grenze ist, bis zu der man sich auf eines der Signale, die wir hörten, für den practischen Gebrauch verlassen kann und sollte.

Bei unseren Versuchen und Experimenten wurden einige Punkte, wie wir denken, klar festgestellt.

1) Daſs gegen den Wind der Bereich des Tones sehr beschränkt ist, indem er mit Zunahme der Stärke des Windes abnimmt, während sehr wenig ihn ganz verstopft.

2) Daſs der Ton gleich weit quer durch den Wind als mit dem Wind reicht.

3) Daſs der Ton zuweilen befremdlich und nach unbekannten Gesetzen abgelenkt wird, denn häufig ist beobachtet worden, daſs er stärker in gröſserer Entfernung, als auf zwischenliegenden Strecken ist.

4) Daſs der Hörer dadurch unterstützt wird, daſs er vor einer flachen Holzfläche steht, welche den Ton abfängt und ihn dem Ohr zuwirft.

Inwieweit es erforderlich erscheint, den Gebrauch der Nebelsignale in unserm Lande (England) auszudehnen, so haben wir zu unterbreiten, daſs so ausgedehnte Nebelperioden, als an den amerikanischen Küsten, nicht an den unseren herrschen, und daſs die Tage, an denen Nebel vorherrscht, nicht 60 oder 70 im Jahr übersteigen, daſs daher keine Veranlassung für uns vorliegt, eine so ausgebreitete Anwendung von Nebelsignalen in Betracht zu ziehen, als es in jenem Lande nöthig ist; wir geben aber zu, daſs sie in einem mäſsigen Grade häufiger als bisher errichtet werden mögen. Aber sie sollten darauf beschränkt werden: Schiffe in den Hafen zu leiten und weit vorspringende Punkte in den groſsen Heerstraſsen der Schifffahrt zu markiren, so daſs die Schiffer im Stande sind, ihre Lage mit Sicherheit zu bestimmen, aber nicht um rücksichtslose Eile dadurch anzufeuern, daſs man sie zu zahlreich setzt. Zu diesem Zweck empfehlen wir die Dampfpfeifen von 10 bis 12 Zoll ebensowohl, als die Daboll- und Holmes'schen Hörner, wie sie jetzt in Gebrauch sind, und für solche Stellen, wo es wünschenswerth sein möchte, sie zu errichten."

Obgleich dieser Bericht die vollständige practische Brauchbarkeit der genannten 3 Apparate für Nebelsignale aussprach und ihre allgemeine Anwendung in Amerika constatirte, konnte sich Trinity-House doch nicht sogleich entschlieſsen, mit der Einrichtung neuer Stationen vorzugehen, sondern ordnete Versuche zu South Foreland bei Dover an, welche namentlich über den Vorzug der einzelnen Instrumente entscheiden sollten. Jener Ort wurde gewählt, weil die dort für die beiden elektrischen Feuer vorhandenen Dampfmaschinen und Kessel benutzt werden konnten und das 235 Fuſs hohe Ufer Gelegenheit bot, die Instrumente in verschiedener Höhe aufzustellen und gegen einander zu beobachten. Diese Versuche fanden 1873/74 unter Leitung des bekannten Professor Tyndall statt und umfassen 2 Perioden: vom 19. März bis Ende Juli = 12 Beobachtungstage; vom 20. October bis 25. November = 14 Beobachtungstage, und nachträglich 9 Tage im Februar. Das Tyndall'sche Resumé über die ersteren beiden Perioden liegt als Anlage I hier bei, die endgiltigen, darauf hin vom Trinity-House als feststehend angenommenen Erfahrungen und die bei Anlage von Nebelsignalstationen zu befolgenden Grundsätze sind in einem Bericht des Deputy-Master, Fred. Arrow ausgesprochen, welcher als Anlage II folgt. Ich werde später auf die einzelnen Punkte genauer zurückkommen und sie mit den inzwischen veröffentlichten Beobachtungen des Professor Henry, Chairman des Nordamerikanischen Lighthouse-Board, vergleichen, welche die englischen Beobachtungen sehr vervollständigen und erweitern, und die Erklärung der eigenthümlichen, schon früher beobachteten und von Tyndall weiter festgestellten Erscheinungen in Bezug auf die Tragweite der Töne zu verschiedenen Zeiten und nach verschiedenen Richtungen in ganz anderen Ursachen suchen und nachweisen, als sie Tyndall angenommen hat.

Beide englische Berichte gipfeln darin, daſs zwar ziemlich sicher angenommen werden kann, daſs bei Nebel die Töne weiter und besser zu hören sein werden, als bei den am Tage angestellten Versuchen, daſs aber eigenthümliche atmosphärische Zustände und Wind „selbst die stärksten Töne der Sirene und der Geschütze sie so beeinflussen können, daſs ihre brauchbare Hörbarkeit auf 2 bis 3 Meils beschränkt wird, und es deshalb nicht gerathen erscheine, dem Schiffer mehr als diese zu versprechen!"

Da jedoch dies dürftige Resultat nicht das gewöhnliche, namentlich nicht das bei Nebel maafsgebende zu sein scheint, und den amerikanischen Vorgängen gegenüber, hat Trinity-House 1874 die Einrichtung von neuen resp. die Verbesserung vorhandener Nebelsignalstationen, an den gesammten englischen Küsten im Ganzen 22, beantragt. Diese sind genehmigt und sollten 11 im Jahre 1875 in Betrieb kommen. Ob dies geschehen ist, darüber liegen noch keine Berichte vor. Bekannt ist nur geworden, dafs Versuche in Bezug auf die Sirene noch Anfang 1876 stattgehabt haben.

Das erste Instrument der neuen Epoche war, wie angeführt, das von dem Amerikaner Daboll Anfangs der funfziger Jahre construirte Horn. Es ist 6 bis 9 Fufs lang, gerade, hat ein clarinettenartiges Zungen-Mundstück, und wird mit comprimirter Luft angeblasen. Die Luftpumpen zum Comprimiren der Luft wurden Anfangs durch 1 und 2 Pferde, später durch calorische Maschinen getrieben. Diese Daboll-Hörner kamen sogleich zur Anwendung, sie sind im Laufe der Zeit in Construction und Tonstärke wesentlich verbessert, namentlich vom Professor Holmes in England, und bis heute im Gebrauch. Anfangs wurden sie nur mit Luft von 5 bis 7 Pfund Druck angeblasen, später mit 10 bis 14 Pfd. Höher zu gehen fand grofse Schwierigkeit und erst in neuester Zeit ist man auf 18—20 Pfd. vorgeschritten. Nicht nur die Construction und der Betrieb der Luftpumpen bereitet diese Schwierigkeiten, sondern auch das Instrument selbst. Was den ersteren Punkt betrifft, so ist bekannt, dafs es nicht leicht ist, Luftpumpen einfacher und dauerhafter Construction herzustellen, welche hohen Druck liefern; erst in den letzten Jahren ist dies gelungen, doch dürften selbst noch jetzt Spannungen von 3 bis 4 Atmosphären oder darüber nicht leicht betriebsmäfsig zu erzielen sein. Neben den Luftpumpen haben sich die calorischen Maschinen nur langsam entwickelt. Bis heute sind dieselben in Deutschland nur zu höchstens 2 Pferdestärken zu erhalten, also durch Kuppelung bis vielleicht 4 Pferdestärken, und wenn auch diese Kraft für den Hornbetrieb ausreichend ist, so boten die Maschinen selbst doch häufig und leicht Reparaturen, die an sich unbedeutend, doch an einsamen, von jeder Hilfe entfernten Orten leicht zu Betriebsstörungen führen können und mindestens complette Reservemaschinen erfordern. In Amerika sollen jetzt calorische Maschinen bis 6 Pfdkr. hergestellt werden, die auch im Betriebe sichrer sein sollen. An manchen Orten, so 1875 bei den ersten Signalen in Frankreich, hat man es aber vorgezogen, die Luftpumpen durch Dampfmaschinen zu treiben.

Das Horn selbst bietet Schwierigkeiten anderer Art. Es ist zunächst erforderlich, dafs das Schallrohr, welches von Kupfer ist, im Ton mit der Zunge des Mundstücks zusammenklingt, harmonirt. Die Zunge mufs also danach regulirt werden. Diesem Reguliren, sowie ihrer Herstellung schreiben aber die Abmessungen der Zunge gewisse Grenzen zu. Andererseits mufs die Stärke des Luftdruckes mit der Gröfse und Stärke der Zunge im Verhältnifs stehen und dieser ist, wie bereits erwähnt, auch beschränkt. Die Hörner von 11 bis 12 Fufs Länge und gegen 2 Fufs Oeffnung des Schallrohres haben bereits Zungen von 8 bis 11 Zoll langen, 2 bis 3 Zoll breiten und $^1/_4$ bis $^5/_8$ Zoll starken Stahlplatten. In Amerika fand man für eine $2^1/_4$ Zoll breite, 8 Zoll im vibrirenden Theil lange und $^1/_4$ bis $^5/_8$ Zoll starke Zunge bei 23 bis 30 Pfd. Druck den besten Ton. Dünnere Zungen geben schon bei 5 bis 10 Pfd. Töne. Eine Zunge, $8^1/_4$ Zoll lang im vibrirenden Theil, 3 Zoll breit und $^3/_4$ bis 1 Zoll stark, fing erst bei 80 Pfd. Druck an zu tönen, und gab dann einen dumpfen Ton. Diese Stahlzungen lassen sich nur schwer reguliren. Ist die Zunge ferner in ihrer Federkraft zu schwach gegenüber dem Druck der anblasenden Luft, so setzt sie sich fest, der Ton hört auf. Endlich sind die Zungen aber auch öfterem Brechen unterworfen. Tritt ein solches ein, so ist das Einsetzen der neuen Zunge und das Reguliren des Tones den Wärtern überlassen, aber nur in den seltensten Fällen von diesen richtig auszuführen.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dafs das Horn (in Verbindung mit calorischer oder Dampfmaschine) durch seine Eigenart gewissen Grenzen unterworfen ist, die seine Construction und Tonstärke beschränken, und dafs ebenso der Betrieb wohl geregelt sein mufs. Es hat aber den Vortheil der Billigkeit in Anschaffung und Betrieb vor den übrigen Apparaten voraus, und ist mehrfach in Amerika in 2 Gröfsen (erste und zweite Klasse) in Anwendung. Auch England hatte zunächst zu diesem Daboll-Horn gegriffen, doch waren 1873 dort nur 7 Stück an der gesammten Küste des vereinigten Königreiches in Thätigkeit. Ihre Wirkung war wenig befriedigend, und erst in neuerer Zeit sind die obigen Verbesserungen eingeführt. In Frankreich sollen seit 1875 drei Hörner in Thätigkeit sein, von denen das eine mit Dampf angeblasen wird. Berichte über dieselben liegen nicht vor. Die Luftpumpen sollen von Dampfmaschinen von 3 HP. Kraft (?) getrieben werden.

Figur 1 auf Bl. P zeigt ein Daboll-Holmes'sches Horn, wie es bei den schon erwähnten Versuchen zu South-Foreland gebraucht wurde. Es ist vertikal mit oben horizontal umgebogenem Schallrohr. Der Zweck dieser Einrichtung ist, das Horn leicht drehen zu können und damit den stärksten Ton nach Bedürfnifs wechselnd nach verschiedenen Richtungen abzugeben. Das Horn selbst ist auf einem hinreichend grofsen Luftreservoir befestigt, in welches die Luftpumpen arbeiten, und aus dem die Luft dem Horn durch ein von der Maschine regelmäfsig bewegtes Ventil oder durch einen selbstthätigen automatischen Apparat in regelmäfsigen Zeitintervallen zuströmt und es anbläst.

Erwähnt ist bereits, dafs man in Frankreich beabsichtigt solche Hörner direct mit Dampf, statt mit Luft anzublasen. Dafs dies einfacher ist, da es die Luftpumpen vermeidet, ist klar. Ob aber sonst Vortheile dadurch erzielt werden, ist zweifelhaft. Die Stärke des Anblasens kann aus den angeführten Gründen nicht wesentlich gesteigert werden, wenigstens nicht höher, als sie durch Luftpumpen zu erlangen wäre. Aber sicher wird die Erhitzung der Stahlzunge durch den anblasenden Dampf dieser nicht günstig sein, und wahrscheinlich zu öfteren Zungenbrüchen führen. Sodann aber ist comprimirte Luft von gleicher Spannung als Dampf das dichtere Medium, und da die Tonstärke mit der Dichtigkeit des Mediums, in dem der Ton erregt wird, zunimmt, so ist dieser wesentliche Vortheil auf Seiten der comprimirten Luft, und die mit Dampf angeblasenen Hörner werden schwächere, d. h. Töne von geringerer Tragweite geben. Die comprimirte Luft gewährt aber in Bezug auf die Aufstellung der Apparate noch einen anderen Vortheil, der unter Umständen von der gröfsten Bedeutung sein kann.

Bei Anwendung comprimirter Luft ist es nämlich nicht nöthig, dafs das Ton gebende Instrument unmittelbar und dicht mit der Betriebsmaschine verbunden sei. Diese, sowie die Luftpumpen können beliebig weit von ersterem entfernt und durch eine in ihrer Weite der Länge entsprechende Rohrleitung verbunden werden. Das Luftreservoir, welches das Horn automatisch speist, befindet sich dann mit dem Horn am Ende der Rohrleitung. Wo es sich also darum handelt, das warnende Instrument auf weit vorspringende, schwer zugängliche Punkte zu stellen, auf welchen die Maschinen-Anlage zugleich anzulegen nicht angeht, bietet die comprimirte Luft ein sicheres und das einzige Mittel zur Erreichung dieses Zieles.

Als zweites Instrument ist in Amerika die Dampfpfeife eingeführt, und ist dort das bei weitem verbreitetste. Sie wird ihrer Einfachheit wegen vielfach vorgezogen, auch hat ihr Ton nach den amerikanischen Angaben gröfsere Tragweite, als die älteren Hörner. Sie ist dort als Nebelsignal vielfach mit bestem Erfolg und auch auf Leuchtschiffen in Dienst. Bei den erwähnten Versuchen zu South Foreland dagegen hat sie sich nicht so bewährt. Sie bietet den Vortheil, dafs man durch höhere Spannung der Dämpfe die Stärke des Anblasens steigern kann. Gewöhnlich arbeiten sie mit 50 bis 55 Pfd. Druck. Ihre Gröfse für Nebelsignale ist 10 Zoll bis 18 Zoll Durchmesser in der Glocke. Versuche haben ergeben, dafs das Verhältnifs der Glockenhöhe zum Durchmesser wie 2 : 3 (selbst 5 : 9) das zweckmäfsigste ist, und die Entfernung der Glocke von dem Teller am besten $^1/_4$ bis $^1/_3$ des Glocken-Durchmessers betrage. Diese letztere Entfernung bestimmt die Tonhöhe, welche auf die Weithörbarkeit von grofsem Einflufs ist. Diese Verhältnisse gelten für 50 bis 60 Pfd. Dampfdruck.

Als drittes Instrument ist seit ca. 5 Jahren die Sirene, von A. & F. Brown in New-York construirt, eingeführt, dem bekannten physikalischen Instrument nachgebildet. Der Ton wird bei ihr durch Dampf oder comprimirte Luft hervorgebracht, welcher in regelmäfsigen Intervallen und scharf abgeschnitten ausbläst. Durch dieses plötzliche Ausblasen wird die Luft in eben so viele Schwingungen versetzt, der Ton erzeugt. Die Zahl der Schwingungen bedingt die Tonhöhe. Bei den Instrumenten der physikalischen Cabinete dient comprimirte Luft zum Anblasen und das scharf abgeschnittene Ausströmen wird dadurch hervorgerufen, dafs vor einer festen, an dem Luftreservoir befindlichen Scheibe sich eine zweite rasch vorüber dreht; beide haben die gleiche Zahl gleich grofser und gleich in einem Kreise vertheilter Löcher. Sobald diese über einander treten, bläst die Luft aus, und zwar so lange, als die Löcher der bewegten Scheibe an denen der festen vorübergehen. Brown schlofs sich zunächst dieser Construction an. Figur 2 auf Bl. P zeigt die Scheiben seiner bei den mehrfach erwähnten Versuchen zu South Foreland angewandten Sirene in $^1/_4$ natürlicher Gröfse, und zwar die feste und die bewegliche Scheibe, letztere von $4^1/_2$ Zoll englisch Durchmesser und 12 Flügeln, welche die 12 Schlitze der festen Scheibe stets auf einmal öffnen und schliefsen, so dafs bei jeder Umdrehung 12 Impulse erfolgen. Die Sirenenwelle machte 1100 bis 2400 Umgänge in der Minute, so dafs 320 bis 480 Luftschwingungen in der Sekunde hervorgerufen wurden, was den Tönen eingestrichen E bis H entspricht. Vor den Scheiben ist ein gufseisernes Schallrohr zum Zusammenfassen und Verstärken des Tones in einer bestimmten Richtung angebracht, welches dort $16^1/_2$ Fufs engl. lang war, an dem Scheibenmundstück 5 Zoll Durchmesser hatte und sich bis $2^1/_4$ Fufs engl. erweiterte. Dies Schallrohr dient nur zum Zusammenfassen des Tones, ähnlich dem Sprachrohr, und nicht als verstärkende Resonanz, wie bei dem Horn. Die in Amerika gebräuchlichen Sirenen hatten 1. Klasse $3^1/_2$ Zoll, 2. Klasse 3 Zoll Durchmesser der Scheiben bei ebenfalls 12 Oeffnungen; die Schallrohre waren 16 Fufs engl. lang bei $4^1/_2$ bis $28^1/_2$ Zoll engl. und $3^1/_2$ bis $27^1/_2$ Zoll engl. Durchmesser im Lichten, die Umgangszahl 2800; der Querschnitt der 12 Oeffnungen $2^3/_4$ und $1^3/_4$ Quadratzoll engl. Diese Construction ist später von Brown geändert worden und die zu Bülk aufgestellte Sirene (siehe weiter unten) hat nur eine Ausströmungsöffnung. Hierdurch wird erreicht, dafs das Schallrohr am Mundstück enger gehalten werden kann, ja kleiner als die Ausströmeöffnung, wodurch der Stofs der ausströmenden Luft oder des Dampfes geprefster, intensiver wird, der Ton kräftiger. Die Sirene zu South Foreland hatte fast 32 □$^{cm}$ in den Ausblaseöffnungen gegen fast 127 □$^{cm}$ Querschnitt des Schallrohres am Mundstück, = rot. 1 : 4. Zu Bülk ist dies Verhältnifs 16 : $13,_2$ □$^{cm}$.

Die Brown'schen Sirenen werden mit Dämpfen von 50 bis 60 Pfd. Spannung, ja bis 80 Pfd. angeblasen, und geben einen schmetternden überaus starken Ton, der sie entschieden, sowohl nach den amerikanischen als Foreland-Berichten, zu dem kräftigsten der Nebelsignale macht. Allein sie verbrauchen nicht allein das meiste Brennmaterial und Wasser, sondern sind immer complicirte Instrumente; die so enorme Umgangszahl der Sirenenwelle ist nicht unbedenklich. Die amerikanischen Berichte erwähnen jedoch in dieser Beziehung keine Störung, ja constatiren, dafs Sirenen jahrelang gearbeitet haben ohne andere Reparaturen, als solche, die von dem Wärter ausgeführt werden können.

Diese 3 Instrumente, und für gewisse Fälle die Kanone sind heut die für Nebelsignale zu Gebote stehenden. Die Sirene ist zweifellos und nach allen Urtheilen das kräftigste, besonders auch gegen stärkeren Wind am weitesten und am deutlichsten hörbare. Ihr Ton hebt sich am schärfsten, und darum am leichtesten die Aufmerksamkeit erregend, selbst vom Geräusch und Toben des Windes und der Wellen ab, und übertrifft hierin, wie sonst in der Ueberwindung akustischer Hemmnisse, von denen weiter unten gesprochen werden wird, selbst die Haubitze mit 3 Pfd. Pulverladung. Ihre Schwäche ist nur ihr so bedeutender Brennmaterial-Verbrauch und ihre Mechanik, die bei Manchen Befürchtungen erregt. In England nimmt man aufserdem Anstofs an dem Dampfkessel! Die Corporation Trinity-House erachtet die Aufstellung von Dampfkesseln an den einsamen und isolirten Orten der Stationen oder gar auf Schiffen für gefährlich (?) und wählt Dampf-Sirenen nur ausnahmsweise für Stationen, welche die kräftigsten Signale erfordern, dem Horn und den calorischen Maschinen den Vorzug gebend. Der überlegene Ton der Sirene hat jedoch zu dem Bestreben geführt, sie auch mit Fortlassung des Dampfkessels zu benutzen, und mit comprimirter Luft von ca. 30 bis 40 Pfd. anzublasen. Brown hat 1875 zwei solcher Sirenen mit calorischen combinirten Maschinen von zusammen 10 bis 12 Pferdestärken nach Schottland geliefert, doch liegen Berichte darüber noch nicht vor. In Bezug auf die Sirene selbst

wird die comprimirte Luft nur vortheilhaft wirken können. Wenn die Spannung auf rot. 40 Pfd. erhalten werden kann, so dürfte nach den vom Professor Henry angestellten Versuchen (siehe weiter unten) der geringere Druck nur eine sehr geringe Abnahme in der Tonstärke veranlassen, welche aber wahrscheinlich durch das dichtere Medium, in welchem der Ton erregt wird, mehr als ausgeglichen werden wird. Bedenken können nur die calorischen Maschinen zum Luftpumpenbetrieb haben, da so starke derartige Maschinen bis jetzt nicht hergestellt werden konnten. Bewähren sie sich aber, so ist wohl der entscheidende Schritt gethan. Die Sirene würde dann auch im Kohlen-Verbrauch auf $^1/_2$ oder mehr herunter gehen. Trinity-House legt auf diesen Punkt die allergröfste Bedeutung und hat noch in diesem Februar neue Experimente über Aenderungen im Sirenen-Mundstück bei comprimirter Luft angeordnet.

So einstimmig die Urtheile über die Sirene lauten, so wenig gehen sie über Horn und Pfeife zusammen. In Amerika hat man mit den letzteren die befriedigendsten Resultate erzielt, und sind sie dort vornehmlich in Gebrauch; bei den Versuchen haben sie die dortigen Daboll-Hörner meist geschlagen. In England dagegen hat sich das Urtheil gegen Dampfpfeifen im Allgemeinen ausgesprochen, und selbst die beste Construction, die kanadische Pfeife, hat sich bei den Versuchen zu South-Foreland nicht Anerkennung verschaffen können. Eine genaue Prüfung des speciellen Berichtes über jene Versuche macht jedoch den Eindruck, dafs die Dampfpfeife bei denselben nicht eingehend behandelt worden sei, und diejenigen Aenderungen, durch welche erfahrungsmäfsig der Ton derselben sehr zu steigern ist, wie die richtige Entfernung der Glocke vom Teller, nicht versucht worden sind. Bei den zu Bülk angestellten Versuchen hat eine 16zöllige kanadische Dampfpfeife selbst bei fehlerhafter stark mit Wasser gemischter Dampfzuführung die Hörweite der Sirene erreicht. Wie sehr man in Amerika mit der Dampfpfeife zufrieden ist, und zwar im wirklichen Dienst, das geht daraus hervor, dafs von 36 im Bericht von 1875 speciell aufgeführten Nebelsignalen 23 Dampfpfeifen waren, die meisten von 12 Zoll Durchmesser, nämlich 17 Stück; 5 Stück hatten 10 Zoll, ein Stück 6 Zoll Durchmesser. Diesen 23 Dampfpfeifen standen 7 Hörner und 6 Sirenen gegenüber! Dies dürfte beweisen, dafs die Pfeife doch nicht so zu verwerfen ist.

Nach amerikanischen Angaben soll die durchdringende Kraft (Hörweite) der Sirene bei 70 Pfd. Druck: zur 12zölligen Dampfpfeife bei 55 Pfd. Druck: zum Daboll 2. Klasse bei 10 Pfd. Druck wie 9 : 7 : 4 sein. Andere Angaben geben Sirene zu Daboll erster Klasse = 6 : 5, Sirene zur 8zölligen Pfeife = 2 : 1.

Welches von diesen 3 Signalen aber auch gewählt werden mag, bei allen ist es erforderlich, dafs die Töne möglichst rein seien; ein nur lautes Getöse, ein Brüllen ist nicht günstig, es ist weder so weit hörbar als ein reiner Ton, noch unterscheidet es sich so leicht als dieser und erregt die Aufmerksamkeit gegenüber den Natur-Tönen der See und des Windes. Dies zu thun ist ein besonderer Vorzug der Sirene.

Der Ton an sich würde nun aber nicht genügen, die Station dem Schiffer kenntlich zu machen. Hierzu ist durchaus eine bestimmte Charakteristik erforderlich. Ein fortdauernder Ton erregt nicht so leicht die Aufmerksamkeit, als ein zeitweilig wechselnder, und ersterer würde auch zu starke Kessel resp. calorische Maschinen und Luftpumpen erfordern. Die alten Glocken gaben selbst bei fortwährendem Anschlagen Unterbrechungen, und schlugen auch nur 4 bis 48 mal in der Minute an; bisweilen geben sie alle $^1/_4$ bis 1 Minute vier oder mehr rasch sich folgende Schläge. Dem entsprechend geben die neuen Instrumente Töne von 5 bis 8 Sekunden Dauer, selten 10 Sekunden, welche sich meist in 35 bis 45 Sekunden Zwischenpausen folgen. Werden zwei Töne hinter einander als **ein** Signal angeordnet, so sind sie zunächst durch eine kürzere Pause von einander getrennt, und eine lange markirt das Signal, z. B. 5 Sekunden Ton — 8 Sekunden Pause — 5 Sekunden Ton — 45 Sekunden Pause u. s. w. Auf diese Weise lassen sich die Stationen scharf charakterisiren, ohne übermäfsig grofse Triebkräfte zu bedingen.

Die für eine Station vorgeschriebenen Intervalle und Tonlängen müssen selbstredend, so wie sie einmal festgesetzt sind, genau eingehalten werden. Dies geschieht durch ganz automatisch arbeitende Apparate, welche den Zutritt des Dampfes oder der comprimirten Luft zum Instrument öffnen und abschliefsen. Bei den Dampfapparaten sind dieselben mit der kleinen, die Kesselspeisung bewirkenden Dampfmaschine verbunden, bei den Signalen aber, welche mit comprimirter Luft arbeiten, werden sie entweder von der calorischen Maschine, welche die Luftpumpen treibt, bewegt, oder der automatische Apparat wird von der comprimirten Luft selbst betrieben. Letzteres ist da erforderlich, wo, wie eben erwähnt, bei weit vorspringenden ausgesetzten Punkten das tongebende Instrument von der Maschinerie getrennt werden mufs. Jener automatische Apparat befindet sich dann, wie angegeben, am Reservoir für die comprimirte Luft, auf welchem das Instrument befestigt ist.

Bei den angegebenen als normal zu betrachtenden Intervallen ist der Verbrauch der drei Apparate **pro Stunde** an Dampf und Wasser ungefähr der folgende, soweit er sich in den Berichten überhaupt findet.

Ein **Daboll-Horn** 2. Klasse bei 9 bis 10 Pfd. Luftdruck rot. 25 Pfd. guter Steinkohlen.

Eine 10- bis 12zöllige **Dampfpfeife** bei 40 bis 55 Pfd. Druck 60 bis 75 Pfd. Kohlen und 140 bis 180 Liter Wasser (wohl viel Wasser mitgerissen?)

Eine **Sirene** 1. Klasse bei 60 bis 70 Pfd. Druck 100 bis 120 Pfd. Kohlen und 200 bis 250 Liter Wasser*).

Die Richtung, aus welcher der Ton kommt, läfst sich nach allen Berichten genau erkennen, so dafs der Schiffer danach sich richten kann. Es liegt selbst der Bericht des Capitains der Kaiserlich russischen Jacht Livadia vor, dafs er bei Nebel und nur durch die Glocke zu Havre geleitet, sicher in das Hafenbassin einlaufen konnte, obgleich er die Glocke so schwach hörte, dafs er genöthigt war, öfter anzuhalten, um den Ton wieder zu gewinnen. Dieser wichtige Punkt ist als zu Gunsten der Tonsignale entschieden anzusehen.

*) Die Sirenen 1. Klasse haben Dampfkessel von 20—25 Pferde-Kraft; die von Dampfmaschinen bei comprimirter Luft getriebenen sollen nur 12pferdige Maschinen nöthig haben, die kleinen Daboll-Hörner dsgl. 4pferdige.

Durch Reflectoren eine Verstärkung des Tones und gröfsere Hörweiten zu erzielen, hat zu keinem Erfolg geführt. In Amerika sind in dieser Beziehung Experimente mit Glocken und Pfeifen angestellt worden. Die Reflectoren bestanden in kugelförmigen sauber gearbeiteten Kugelsegmenten aus Holz und Gips von 16 Fufs Radius bei 64 Quadratfufs Oeffnung, und in 20 Fufs langen quadratischen Rohren von vorn 10 Fufs Oeffnung. Erstere zeigten nur eine Wirkung innerhalb 500 Yards, darüber hinaus rasch abnehmend, und bei ruhiger Luft war die Hörgrenze hinter dem Reflector der vor demselben so gut als gleich. Die Wirkung der letzteren war nur 1 Meil wahrnehmbar. Der Ton strebt, seiner Natur nach, sich in Kugel-Wellen nach allen Seiten fortzupflanzen; durch die Reflectoren werden nur die schwachen Tonwellen und für geringe Entfernungen wahrnehmbar zurückgeworfen, die stärkeren erleiden keine wesentliche Abänderung in Richtung und Stärke. Mit diesen Reflectoren sind jedoch die verhältnifsmäfsig engen Schallrohre (dem Sprachrohr gleich) nicht zu verwechseln. Diese gaben entschieden einen in der Axe stärkeren Ton, obgleich auch bei ihnen der Ton sich nach allen Seiten fortzupflanzen strebt.

Die Fortpflanzung des Tones und damit seine Weithörbarkeit ist nun aber neben der Stärke des Tones, d. i. die Höhe und Tiefe der Schallwellen, noch von anderen Einflüssen abhängig, deren Natur und Einwirkung jedoch bis jetzt wenig klar sind, ja über welche sehr entgegenstehende Ansichten aufgestellt sind. Dafs der Wind von Einflufs auf die Hörweite ist, der Ton gegen stärkeren Wind nicht so weit dringen würde als bei ruhiger Luft, konnte an und für sich angenommen werden. Allein schon dieser Einflufs zeigt sich stärker, als der Kraft und Geschwindigkeit des Windes allein zugeschrieben werden kann, denn die Geschwindigkeit des Schalles ist bei 10° Celsius rot. 340$^{m}$ in der Sekunde, diejenige eines Windes Nr. 4 nur $3,_{1}{}^{m}$, und selbst Wind Nr. 8 erreicht erst $13,_{7}{}^{m}$, ersterer also noch nicht 1 Procent, letzterer selbst nur 4 Procent der Schallgeschwindigkeit. Hiernach müfste der Einflufs des Windes auf das Zurückdrängen der Schallwellen nur ein sehr geringer sein, ähnlich den Kreiswellen, die ein in einen Canal geworfener Stein hervorruft; das ganze Wellensystem wird hier der Bewegung des fliefsenden Wassers folgen, und die Geschwindigkeit desselben wird die Fortpflanzung der durch den Stein hervorgerufenen Wellen nach einem bestimmten Punkt hin verzögern oder beschleunigen. Nicht so zeigt sich der Einflufs auf das Schallwellen-System, das von einem Punkt ausgeht. Es steht nach den Beobachtungen fest, dafs mitunter bei Wind Nr. 3 bis 4, ja selbst noch schwächeren Winden die Tragfähigkeit der Signale auf $^{1}/_{2}$ ja bis $^{1}/_{6}$ zusammenschrumpft. Es steht fest, dafs dieselben Instrumente, welche oft 8 bis 12 Meils, ja unter günstigen und unbekannten Umständen selbst viel weiter stark und deutlich gehört worden sind, an Tagen, welche optisch klar waren und bei fast ruhiger Luft kaum 3 bis 4 Meils, ja nur 2 bis 3 Meils erkennbar waren. Dieser Wechsel tritt selbst innerhalb verhältnifsmäfsig weniger Stunden ein, und ist bei allen Instrumenten, selbst bei der Sirene und den Geschützen beobachtet. Bei den Foreland-Experimenten waren am 3. Juli bei klarer und ruhiger Luft dieselben Instrumente, die früher bis 10 Meils gehört worden waren, kaum 2 Meils hörbar, selbst die $5^{1}/_{2}$zöllige Haubitze mit 3 Pfd. Ladung wurde in dieser geringen Entfernung kaum gehört, nur als ein schwacher Puff. Dies hielt bis Nachmittag an; Abends nach 5 Uhr nahmen die Töne ohne bemerkbaren Wechsel in der Atmosphäre wieder zu und erreichten eine Hörweite von gegen 8 Meils, ja wurden bis $12^{3}/_{4}$ Meils auf einem dortigen Feuerschiff gut gehört, und waren um 10 Uhr beim Einsegeln des Beobachtungsschiffes stark und laut! Noch auffallender ist, dafs oft die Töne zu derselben Zeit in verschiedenen Entfernungen nicht nur verschieden stark gehört werden, sondern in Zonen ganz verschwinden, während sie vor diesen und über diese hinaus deutlich vernehmbar sind, oder dafs sie bei fast ruhigem Wetter in einer Richtung verschwinden, in der entgegengesetzten aber deutlich gehört werden. Es ist oft beobachtet, dafs Schiffe, die sich einer Signalstation nähern, den Ton deutlich hören, dann 1 bis 2 Meils verlieren, und nachmals wieder gewinnen; oder dafs selbst bei anscheinend ruhiger Luft Schiffe das Signal in mäfsiger Entfernung nicht hörten, während die Signal-Wärter die schwächere Schiffspfeife deutlich vernahmen.

Aehnliche Erscheinungen und Widersprüche sind vielfach beobachtet, auch auf dem Lande seit lange bekannt. Dove führt in seinem Vortrag „über die Wirkungen aus der Ferne,“ 1845, eine Reihe sehr auffallender derartiger Thatsachen aus verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Beobachtern an. Auch Arago und Humboldt haben deren beobachtet und constatirt. Eine Erklärung geben aber beide Naturforscher nicht.

Tyndall sucht diese auffallende Thatsache in folgender Weise zu erklären. Er nimmt an, dafs sich aus dem Wasser Dünste entwickeln und, aufsteigend in der klaren und durchsichtigen Luft, selbstständige vertikale Schichten bilden, welche für das Licht vollkommen durchlässig, also unsichtbar sind. Die Tonwellen lassen dagegen diese vertikalen Dunstschichten nur mehr oder weniger abgeschwächt hindurch, ja sie können dieselben fast gänzlich zurückwerfen; er nennt sie deshalb akustische Wolken. Das Auftreten solcher akustischer Wolken beeinflufst demnach die Hörweite. Solche in sich abgegrenzte vertikale Schichten werden sich am ehesten an klaren ruhigen Tagen unter dem Einflufs eines kräftigen Sonnenscheines bilden, und Abends sich wieder auflösen und zerstreuen. Tyndall führt zur Unterstützung dieser Ansicht die Thatsache auf, dafs sehr häufig und von allen Signalen ein kräftiges anhaltendes Echo aus der See und auch bei wolkenlosem Himmel nach der Station zurückkommt. Dies Echo namentlich ist ihm der Beweis der Existenz jener Schallwolken, welche ähnlich wie feste Gegenstände das gewöhnliche, so hier dies See-Echo hervorrufen.

Dieser Erklärung, welche nur auf die Foreland-Beobachtungen Bezug nimmt, tritt Professor Henry entschieden entgegen. Derselbe erklärt zunächst das Echo, welches auch auf den amerikanischen Stationen bekannt ist, durch die Rückwirkung der Wasserfläche, namentlich der stets gewellten Oberfläche der See. Aufser den sogleich anzuführenden anderweitigen Beobachtungen, welche gegen die Annahme von Schallwolken sprechen, hat er folgendes Experiment angestellt: Er liefs auf Little Gal Island, einer ganz frei 7 Meils vom Land entfernten Insel, an einem

ruhigen, klaren und wolkenlosen Tage die dortige Sirene senkrecht in die Höhe richten, so dafs der Ton dem Zenith zugeworfen wurde. Das Echo kam von allen Seiten in fast gleicher Stärke und gleichzeitig zurück, aber nicht von oben her. Eine über die Insel im Zenith hinziehende Wolke gab ebenfalls kein Echo! Dafs eine akustische Wolke ringsum die Insel umgeben habe, kann wohl nicht gut angenommen werden. Es treten ferner diese Echos auch an Tagen auf, an denen die Hörweite eine gute ja eine weite ist, wie sie ebenfalls bei dickem Nebel nicht fehlen. Durch die Tyndall'sche Erklärung wird ferner die häufig in Amerika gemachte schon angeführte Beobachtung, dafs der Ton für eine nahe Zone schwach wird, ja gürtelweis ganz verschwindet, während er in weiteren entfernteren Kreisen wieder voll auftritt, oder dafs der Ton an einzelnen Punkten zu Zeiten gegen selbst starken Wind weiter gehört wird, als gewöhnlich mit dem Winde, nicht erklärt. Letzteres ist z. B. regelmäfsig bei der Station Cape Elizabeth an der Küste von Maine, Nordamerika, der Fall, dessen 10zöllige Dampfpfeife stets bei nordöstlichem Schneesturm (heavy) in Portland auf 9 Meils gegen den Wind gehört wird. Aehnlich hörte man bei den Versuchen zu Sandy Haak, New Jersey, 1872, stets den Ton von Westen am weitesten, obgleich im Laufe des Tages des Vormittags Westwind, dann Mittags Windstille und Nachmittags Ostwind herrschte. Ersteres, das gürtelweise Verschwinden des Tones, ist von verschiedenen amerikanischen Stationen berichtet, selbst bei Nebel; General Duane schreibt es in seinem Bericht allen Stationen zu und will den Radius dieses Gürtels zu rot. 1 bis $1^1/_2$ Meils beobachtet haben. Auch ganz frei im Meere liegende Stationen zeigen diese Erscheinung. So ist unter anderen angeführt, dafs an der Whitehead-Station, Maine, eine Insel, durchschnittlich 75 Fufs hoch, bei einem dicken Nebel 1872 ein sich näherndes Dampfschiff die 10zöllige Dampfpfeife der Station deutlich von 6 bis 3 Meils in zunehmender Stärke hörte, dann plötzlich den Ton verlor und erst in $^1/_4$ Meil Abstand wiedererlangte, während der Stationswärter deutlich zur selben Zeit aus jener Entfernung die 6zöllige Schiffs-Dampfpfeife hörte, welcher der Wind günstig war. Bei einem Versuch 1873 wurde die Pfeife der Station 15 Meils gegen einen leichten Wind gehört.

Diese Erscheinungen, sowie die schon von Arago bei den Gradmessungen beobachtete: dafs selbst starke Töne (Geschütze) zwischen zwei Orten A und B gut und deutlich hörbar von A nach B sein können, während sie zu derselben Zeit von B nach A durchaus nicht gehört werden, finden in der Tyndall'schen Hypothese keine Erklärung. Professor Henry sucht dieselbe in der Einwirkung des Windes allein, d. h. in der Bewegung der Luft selbst, welche in verschiedenen Höhen stets eine verschieden rasche ist, ja sehr oft in verschiedenen Höhen in anderer, oft in entgegengesetzter Richtung statt hat. Diese Bewegung in den oberen Schichten ist stets eine raschere, d. h. der Wind ist dort stärker! Durch die oben raschere Bewegung werden mit dem Winde die Schallwellen nach unten gebogen, sie concentriren sich also dort, der Schall gewinnt an Kraft, wird weiter hörbar. Gegenwind bringt die entgegengesetzte Wirkung hervor: die Schallwellen werden von der Erde abgekippt, der Schall also geschwächt, und bei unten und oben entgegenstehender Luftbewegung mufs eine unregelmäfsige Verschiebung des Schallstrahles (der verbindenden Linie der Wellenmittel) eintreten, so dafs die Verdichtung, so wie die Schwächung der Wellen in verschiedener Entfernung eine verschiedene, also auch die Hörbarkeit dort eine verschiedene ist. Alle bisher beobachteten Erscheinungen lassen sich auf diese Weise erklären, ja construiren. Die verschieden schnelle Bewegung der Luft in den verschiedenen Straten ist aber nicht nur allgemein bekannt, sondern von Henry bei seinen Beobachtungen durch Messungen schon in 100 bis 200 Fufs Höhenunterschied, sowie durch Versuchballons nachgewiesen. Schon nahe der Erdoberfläche ist die Geschwindigkeit der sich stets bewegenden Luft eine verschiedene, durch die Reibung an der Erdoberfläche veranlafst. Prof. Reynolds hat dies und Ablenkung der Schallwellen in der oben angeführten Weise durch Experimente nachgewiesen, (siehe „der Naturforscher" VIII, p. 3) und fafst seine erlangten Resultate wie folgt zusammen: 1) Wenn kein Wind herrscht, ist ein über eine rauhe Fläche hinziehender Schall in der Höhe intensiver als unten; 2) ist die Geschwindigkeit des Windes oben gröfser als unten, so wird der Schall in der Richtung gegen den Wind in die Höhe gehoben, nicht vernichtet; 3) bei der gleichen Voraussetzung wie ad 2 wird er, mit dem Winde sich fortpflanzend, nach unten gebrochen. Einen fast entgegengesetzten Einflufs auf die Schallwellen übt die Temperatur der verschiedenen Luftschichten aus, da diese in den unteren meist gröfser ist, und den Schall dadurch dort beschleunigen mufs. Gegen Tyndall spricht vor allem, dafs bei Nebel die gleichen oder ähnliche Erscheinungen, wenn auch seltener, auftreten, bei denen doch verschieden dichte Nebelschichten, von denen die dichteren dann als Schallwolken wirken, nicht wohl anzunehmen sind, sowie das gürtelweise oben angeführte Verschwinden der Töne, u. a. m.

Was die Verstärkung des Tones durch stärkeres Anblasen der Instrumente betrifft, so haben schon die Versuche zu Foreland nachgewiesen, dafs über eine gewisse Grenze des Druckes hinaus der erlangte Gewinn nicht so bedeutend ist, als man erwarten sollte. Vergleichbare Zahlen hat Professor Henry mit Hülfe des von ihm construirten künstlichen Ohres*) erlangt. Er fand bei einer Sirene alter Construction:

| Bei einer Dampfspannung von Pfd. | Die Hörweite bei einem Abstand in Einheiten |
|---|---|
| 100 | 61 |
| 90 | 59 |
| 80 | 58 |

*) Das Henry'sche künstliche Ohr besteht in einer 4 Fufs langen conischen $1^3/_4$ bis 9 Zoll weiten Röhre von Weifsblech, welche an ihrem engeren Ende rechtwinklig umgebogen und dort mit einer Membrane bespannt ist. Beim Gebrauch wird die weitere Oeffnung des Rohres gegen die Tonrichtung, die Axe des künstlichen Ohres in diese gehalten, und zwar so, dafs die engere Oeffnung senkrecht nach oben, die Membrane horizontal steht. Die Membrane wird mit feinem Sande bestreut, welcher durch einen Glascylinder gegen die Einwirkung der Luft geschützt ist, und dessen Bewegung bei dem Anschlagen der Schallwellen vermittelst einer Linse beobachtet wird. Zur Prüfung der Stärke eines Tones wird das Instrument allmälig so weit von der Tonquelle entfernt, bis am Sande keine Bewegung mehr wahrgenommen wird. Die so bestimmten Entfernungen geben direct das Verhältnifs der Intensivitäten oder Tragweiten des Tones an, wie der Vergleich mit den directen Versuchen nachgewiesen hat. Es ist jedoch erforderlich, dafs das Instrument nur als Condensator wirkt, und mufs daher im Rohr und in der Spannung der Membrane mit den zu beobachtenden Tönen nicht harmonisch zusammenklingen.

| Bei einer Dampfspannung von Pfd. | Die Hörweite bei einem Abstand in Einheiten |
|---|---|
| 70 | 57 |
| 60 | 57 |
| 50 | 56 |
| 40 | 55 |
| 30 | 53 |
| 20 | 51 |

Hieran schliefst sich eine ähnliche Frage an, nämlich die, ob Nebel für die Fortpflanzung des Tones günstig sei, seine Tragfähigkeit vergröfsere oder beschränke?

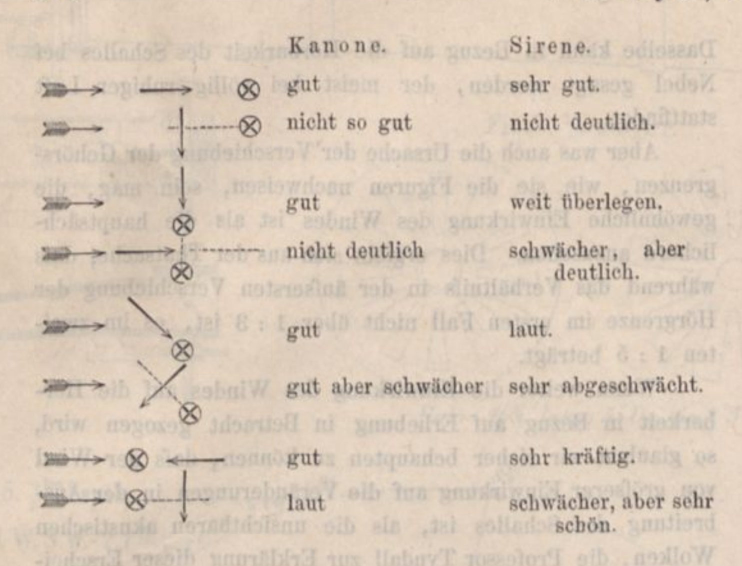
Diese wichtigste von allen bezüglichen Fragen zu entscheiden, hätten wohl von Hause aus die Experimente zu Foreland in eine Zeit gelegt werden sollen, in welcher voraussichtlich häufig Nebel zu erwarten waren. Allein dies war nicht geschehen, und die ersten beiden Perioden (siehe oben) jener Experimente hatten kaum einige Tage, an denen ein strichweiser und vorübergehender Nebel herrschte. Da auch die Beobachtungen der englischen Commission in Amerika stets an klaren Tagen angestellt waren, so waren wirkliche Nebelbeobachtungen von der gröfsten Wichtigkeit, wenn man sich nicht allein auf die amerikanischen, allgemein gehaltenen Angaben verlassen wollte. Es war dies der Tyndall'schen Hypothese der Schallwolken gegenüber von der gröfsten Bedeutung. Schon Beobachtungen bei Nacht hätten über diese ein weiteres Licht verbreitet, da die Entstehung derselben von Tyndall in erster Linie der Einwirkung der Sonne auf die See zugeschrieben wird. Merkwürdigerweise sind aber zu Foreland gar keine Experimente Nachts angestellt worden, obgleich die oben angeführte Beobachtung, dafs an einem akustisch sehr mangelhaften Tage Abends gegen und nach Sonnenuntergang die Tragweite der Töne rasch und stark zunahm, hierzu aufforderte. In den ersten beiden Foreland-Perioden (Juni — Juli und October — November) waren, wie gesagt, einige Tage, welche Nebel, besonders über der Küste nur in den unteren Regionen hatten, (einmal zeitig so dick, dafs der Blitz der Geschütze auf 3 Meils nicht gesehen wurde). Schon an diesen Tagen wurde eine günstige Einwirkung des Nebels auf die Hörweite constatirt, und mit der Sirene und der Haubitze solche von 7 bis 8 Meils bei arbeitender Maschine erreicht. Ebenso konnte schon damals die Abnahme der Töne bei aufhörendem Nebel beobachtet werden. Aehnlich wurde festgestellt, dafs vorüberziehende starke Regenschauer die Tonstärke vergröfserten. Aber diese wenigen Beobachtungen konnten nicht genügen, da bislang von den Physikern die entgegengesetzte Annahme ausgesprochen worden war. Tyndall stellte deshalb zunächst in London während starker und dicker Nebel Versuche mit Pfeifen und an Thurmuhren an, die entschieden zu Gunsten des Nebels ausfielen. Im Februar 1874 wurden dann an 9 Tagen wieder zu South Foreland die Versuche aufgenommen; 7 Tage von diesen hatten Nebel, theils sehr dicken. Nach den Angaben waren die Töne an einzelnen Tagen stärker, als je zuvor, und die Richtung genau zu erkennen. Auch wurde wieder die Abnahme mit aufhörendem Nebel nachgewiesen. Die erlangten brauchbaren Hörweiten erreichten 7 bis 11 Meils in der Axe der Instrumente, eine auch sonst bei günstiger Atmosphäre erlangte Tragweite. Auf diese Beobachtungen gestützt, welche ja von den amerikanischen Erfahrungen bestätigt werden, sprach Fr. Arrow in dem oben erwähnten Trinity-House Bericht aus: „dafs sicher anzunehmen wäre, dafs der Nebel im Allgemeinen der Hörbarkeit der Tonsignale günstig sei." Aber trotz dieser als sicher hingestellten Annahme ging Trinity-House nicht weiter, als rot. 2 bis 3 Meils zu versprechen. Und dies mufs als richtig bezeichnet werden. Nach den angeführten amerikanischen Erfahrungen traten anomale Einflüsse auch bei Nebel auf, und ehe die Natur derselben nicht genau erforscht ist, ist es gerathen, eher weniger als mehr zu versprechen. Andererseits beweist die ausgebreitete Anwendung der Nebelsignale in Amerika, dafs dieselben ein erwünschtes und praktisch befundenes Hülfssignal bei Nebel sind, wenn sie auch nicht immer ausreichen. Der Wind in der oben angedeuteten Einwirkung scheint ihr gewichtigster Feind zu sein, aber starke Winde sind bei dichtem Nebel äufserst selten, so dafs vielleicht dies mit ein Grund ist, dafs die Signale bei Nebel gleichmäfsiger stehen, als Beobachtungen an nebelfreien Tagen ergaben.

Bei den Dampfpfeifen strebt der Schall, sich gleichmäfsig nach allen Seiten hin auszubreiten, und wird nur durch den Einflufs des Windes stärker nach einer Seite getrieben werden, als bei den Schallrohr-Instrumenten. Bei diesen wird dagegen der Ton stärker in der Richtung oder Axe des Schallrohres auftreten, und unter gleichen Umständen daher in dieser Richtung weiter hörbar sein. Durch den Wind kann sich aber auch dies Verhältnifs ändern, jedenfalls wird der Ton in der Richtung gegen den Wind geschwächt. Trinity-House hat deshalb vorgeschrieben, dafs das Schallrohr drehbar sein und stets gegen den Wind gerichtet werden solle! Hierdurch wird zwar die stärkste Kraft nach der ungünstigsten Richtung entsandt, allein ein anderer Uebelstand der Schallrohr-Instrumente wird dadurch nicht beseitigt. Der Schall nimmt nämlich von der Axe des Schallrohres aus rasch ab. Unter 60° zu beiden Seiten der Axe werden bei ruhiger Luft die Töne merklich schwächer. Professor Henry hat in dieser Richtung die weitgehendsten Versuche gemacht, während zu South-Foreland dieser wichtige Punkt, wie auch aus den beiliegenden Berichten hervorgeht, ziemlich nebensächlich behandelt ist. Mit Hülfe des von ihm construirten künstlichen Ohres, dessen Angaben mit den wirklichen Beobachtungen übereinstimmten, hat er ein Daboll-Horn von 36 Zoll Oeffnung untersucht.

Es ergaben sich die folgenden Verhältnifszahlen der Weithörbarkeit:

| | | | |
|---|---|---|---|
| in der Axe | = | 0° — 26 | Einheiten Abstand |
| aus - - | = | 30° — 23 | - - |
| - - - | = | 60° — 21 | - - |
| - - - | = | 90° — 18 | - - |
| - - - | = | 120° — 13 | - - |

Hiernach würde unter gleichen Verhältnissen und bei ruhiger Luft der Ton 120° aus der Axe des Schallrohres nur halb so weit zu hören sein als in der Axe. Durch die Einwirkung des Windes kann dieses Verhältnifs wesentlich geändert werden, wie auf 90°, ja darüber hinaus, mitunter sehr günstige Resultate erzielt sind. Bei den fast einzigen brauchbaren, dahin zielenden Experimenten zu South-Foreland wurde bei Wind Nr. 6 (und stärker) in 3 Meils Abstand die Haubitze und Sirene in wechselnder Stellung zum Wind und Beobachter erprobt. Die Resultate zeigt folgende Tabelle, in der ➼ die Richtung des Windes, ⟶ die Richtung des Schallrohres resp. der Haubitze, und ⊗ die Stellung des Schiffers zu beiden angiebt.



| Kanone. | Sirene. |
|---|---|
| gut | sehr gut. |
| nicht so gut | nicht deutlich. |
| gut | weit überlegen. |
| nicht deutlich | schwächer, aber deutlich. |
| gut | laut. |
| gut aber schwächer | sehr abgeschwächt. |
| gut | sehr kräftig. |
| laut | schwächer, aber sehr schön. |

Auch bei diesen Beobachtungen zeigen sich Anomalien, die um so unklarer, als die Bezeichnungen unbestimmt sind und nicht die Tongrenze für die verschiedenen Stellungen aufgesucht ist. Sie bestätigen jedoch den gröfseren Einflufs der Axrichtung bei der Sirene, obschon andere dortige Beobachtungen auch über 90° der Axe derselben sehr gute Resultate ergaben.

Einen besseren Maafsstab der Einwirkung des Windes gaben die 1875 von Professor Henry angestellten Versuche, welche in den Figuren 3 bis 9 auf Bl. P graphisch dargestellt sind. Sie sind in der Nähe einiger Inselstationen mit Hülfe von einem oder zwei Dampfschiffen gemacht. Bei fünfen, Fig. 4, $5^b$, 6, 7, 8 wurden die gleichen 6zölligen mit nur 20 Pfd. Dampf angeblasenen Dampfpfeifen der Schiffe benutzt und die sich entfernenden Töne beobachtet, bis sie verschwanden; der Schall bewegte sich also von der Peripherie der gezeichneten Curve derem Mittelpunkte, in welchem der Hörer stand, zu; die Entfernungen traten also hier, entgegengesetzt den gewöhnlichen Fällen, auf der Windseite gröfser auf, weil der Ton dort mit dem Wind strich. Bei Fig. 3, $5^a$ und 9 ging der Ton vom Mittelpunkt aus, bei Fig. 3 von einer der Schiffspfeifen, bei Fig. $5^a$ und 9 von Sirenen; die Axenstellung der letzteren ist angegeben. In allen Figuren geben die gefiederten Pfeile die Richtung des Windes, die Pfeile an den Radien die Richtung des Schalles an; auch sind die Zeichnungen nach demselben Maafsstab entworfen, so dafs sie direct die Veränderungen des Hörkreises für dieselben Instrumente und fast auch zur selben Zeit zeigen. Die Zahlen an den Curven geben die Entfernungen in Seemeilen an. Zu beachten ist bei Beurtheilung der Figuren, dafs die Beobachtungen statt hatten, während die Schiffe in Fahrt waren, also bei arbeitenden Maschinen und Rädern!

Bei Fig. 4 ergab sich bei den ersten Fahrten die Curve A — B bei Wind O bei S; dann ging der Wind nach SSW bei zunehmender Stärke, und die beiden letzten Fahrten zeigten die Abweichungen C und D. Eine noch auffallendere Anomalie zeigt Fig. 6 in der auf der Fahrt nach Punkt C enthaltenen weiteren Hörweite, bei welcher merkwürdiger Weise der Ton zwischen b und a verloren wurde. Diese plötzlich eintretende gröfsere Hörweite läfst sich durch die Annahme erklären, dafs eine Aenderung der Geschwindigkeit des Windes in den oberen Straten, welche der Ausbreitung (Stärke) des Tones günstig wurde, eingetreten war. Zwar wurde diese Aenderung an dem Versuchsort in den unteren Schichten erst später beobachtet; es konnte dagegen nachgewiesen werden, dafs an einer 7 Meils nördlich entfernten Station der Wind an diesem Tage in den unteren Schichten des Morgens südlich war, dann am Nachmittag Süd-West, und endlich gegen Abend Nord-West wurde, so dafs es wahrscheinlich ist, dafs der Wind auch auf der Beobachtungsstelle bei der letzten Fahrt, welche jene Aenderung der Curve zeigte, bereits in den oberen Schichten gewechselt hatte.

Fig. 9 endlich zeigt in der Curve nicht die Grenze der Hörbarkeit, sondern giebt die Entfernungen, in welchen eine nach A gerichtete Sirene mit einer vertikal nach oben gerichteten gleich und schwach gehört wurde.

Professor Henry sagt über diese Versuche:

„Es sind die Thatsachen, die wir beobachtet haben, wenn nicht in genauer Uebereinstimmung mit unserer Vorstellung von der Hypothese des Professor Stokes, doch wenigstens nicht unverträglich mit derselben. Wir müssen aber jetzt die Aufmerksamkeit auf eine Thatsache von grofsem Interesse lenken, nämlich den bemerkenswerthen Unterschied im Gehörkreis, wie ihn die verschiedenen, alle in demselben Maafsstab gezeichneten Figuren aufweisen. Vergleicht man z. B. die Curve Fig. 7 mit der Curve Fig. $5^b$, so möchte man bei dem ersten Anblick annehmen, dafs die Kleinheit der ersteren der ungleichen Beschaffenheit der Atmosphäre zuzuschreiben wäre, welche, den Schall absorbirend, die Gehörssphäre verkleinert. Aber unglücklicher Weise für diese Erklärung hatte es sich durch die Beobachtungen des Dampfschiffes „Cactus" zur selben Zeit, als die Data zu jener Curve festgestellt wurden, gezeigt, dafs die Luft damals in einer bemerkenswerth günstigen Beschaffenheit für die Fortpflanzung des Schalles war; er wurde bis $10^1/_2$ Meils gehört, die gewöhnliche Maximalgrenze des tongebenden Instrumentes, einer Sirene 2. Ordnung; am 3. September, dem Tage, an welchem die Curve Fig. $5^a$ erhalten wurde, war die gröfste Entfernung, in welcher der Ton desselben Instrumentes gehört werden konnte, nur $8^1/_4$ Meils!

Der einzige Unterschied in der Beschaffenheit der Luft zur Zeit der in der Figur dargestellten Gehörscurve gegenüber der Beobachtung des „Cactus" ($10^1/_2$ Meils), war ein Wechsel in der Richtung und vielleicht in der Stärke des Windes, der im letzteren Falle dieselbe Richtung als der Lauf des Schiffes hatte. Ehe wir daher eine andere Lösung der Frage über die Ursache der Weithörbarkeit zulassen, müssen wir untersuchen, ob es nicht möglich ist, ihn auf die Thätigkeit des Windes selbst zurückzuführen.

Der am stärksten markirte Unterschied in den Verhältnissen, welche augenscheinlich die Erscheinungen an den betreffenden Tagen beeinflufsten, war der der gröfseren Geschwindigkeit (Stärke) des Windes, sowohl an der Oberfläche der See, als oben auf dem Thurme. Und wenn man die verschiedenen Figuren in Bezug auf den Wind vergleicht, so ergiebt sich, dafs da, wo die Beschaffenheit der Luft sich am meisten der Ruhe nähert, die Gehörscurve um so weiter gespannt war und umsomehr sich in ihrer Gestalt einem Kreise nähert. Aus diesen Thatsachen sind wir geneigt anzunehmen, dafs der Schall bei starkem Winde nicht in jeder Richtung so weit gehört wird, als bei vollkommener Ruhe, und dafs er am weitesten bei

mäfsigem Winde gehört wird. Dieser Schlufs, welcher bei Beginn der Untersuchungen nicht vorauszusehen war, ist, so glauben wir, in genauer Uebereinstimmung mit der angenommenen Hypothese. Da in dem Falle, dafs der Schall sich gegen einen heftigen Wind bewegt, die Schallwellen über das Ohr des Beobachters nach oben hin abgelenkt werden, so wird die Gehörssphäre in dieser Richtung ohne Frage bedeutend verkleinert, und dafs, wenn der Schall sich mit einem starken Winde bewegt, der oben eine gröfsere Geschwindigkeit als unten hat, sie ebenfalls verkleinert wird, ist nicht schwer zu verstehen. In diesem Falle wird die Schallwelle herunter zur Erde gelenkt und so viel davon absorbirt, dafs der Theil, welcher das Ohr erreicht, an Intensivität verliert. Im Fall eines schwachen Windes dagegen, der sich oben schneller als unten bewegt, ist der nach unten abgelenkte Theil der Schallwellen nur genügend, den Verlust auszugleichen, den die Reibung an der Erdoberfläche bedingt, und es wird deshalb in gröfserer Entfernung als bei ganz ruhiger Luft gehört werden. Fortgesetzte Versuche werden über diesen Punkt wie über andere weiteren Aufschlufs geben.

Wenn wir den Wind als die Hauptursache dieser ungewöhnlichen Phänomene ansehen, so ist er jedoch nicht als einzige Ursache zu bezeichnen. Professor Osborne Reynolds in Manchester stellte ohne Kenntnifs von dem, was in Amerika geschah, eine Reihe von Experimenten über die Wirkung des Windes auf den Schall an, und kam schliefslich genau auf dieselbe Hypothese als wir. Er hat jedoch in einem Aufsatz von 1874 dasselbe Princip auf die Wirkung der Wärme ausgedehnt, welche die Gestalt der Schallwelle verändert, und hat durch Erörterungen und Experimente nachgewiesen, dafs die normale Richtung der Schallwelle in ruhiger Luft anstatt horizontal fortzuschreiten, durch die gröfsere Geschwindigkeit des Schalles an der Erdoberfläche nach oben abgewendet werden müsse, welche gröfsere Geschwindigkeit der gröfseren Wärme der unteren Schichten zuzuschreiben ist. Dies Princip, welches das Vorhandensein einer wirklichen Brechung des Schalles unabhängig von der Bewegung des Mediums ausspricht, ist ohne Zweifel von Einflufs auf die dargestellten Phänomene. Es bringt jedoch in dem zuletzt erwähnten Falle nur eine geringe Wirkung hervor, da die Beobachtung des „Cactus“ nur eine geringe akustische Schwächung des Schalles nachweist. Es dürfte jedoch die Hypothese bekräftigen, dafs der Schall bei vollkommen ruhiger Luft von gleichartiger Dichtigkeit weiter gehört werden konnte, als in einem bewegten Medium oder in einem von ungleicher Temperatur. Dies stimmt auch mit dem häufig in den arctischen Regionen beobachteten Thatsachen, in welchen der Schall der menschlichen Stimme bei sehr grofser Kälte in grofser Entfernung gehört wird*). In diesem Falle ist die Luft oben und unten von gleicher Temperatur, aber von veränderter Elasticität, und sollte deshalb den Schall mit geringerer Intensivität fortpflanzen, und doch wird die Hörbarkeit ausgedehnt: was sich durch die Annahme erklärt, dafs die Ruhe und gleichmäfsige Temperatur der Luft die verringerte Elasticität mehr als aufwiegen.

*) Dove giebt a. a. O. an, dafs Lieutenant Forster bei der 3. Parryschen Reise mit einem Matrosen in 6696 Fufs Entfernung über die Eisfläche bei Port Bowen hin eine Unterhaltung führen konnte.

Dasselbe kann in Bezug auf die Hörbarkeit des Schalles bei Nebel gesagt werden, der meist bei völlig ruhiger Luft stattfindet.

Aber was auch die Ursache der Verschiebung der Gehörsgrenzen, wie sie die Figuren nachweisen, sein mag, die gewöhnliche Einwirkung des Windes ist als die hauptsächlichere anzusehen. Dies ergiebt sich aus der Thatsache, dafs während das Verhältnifs in der äufsersten Verschiebung der Hörgrenze im ersten Fall nicht über 1 : 3 ist, es im zweiten 1 : 5 beträgt.

Wenn weiter die Einwirkung des Windes auf die Hörbarkeit in Bezug auf Erhebung in Betracht gezogen wird, so glauben wir sicher behaupten zu können, dafs der Wind von gröfserer Einwirkung auf die Veränderungen in der Ausbreitung des Schalles ist, als die unsichtbaren akustischen Wolken, die Professor Tyndall zur Erklärung dieser Erscheinungen angenommen hat.“

Neben diesen Versuchen hat Henry die Hörbarkeit derselben Töne in verschiedenen Höhen bestimmt. Die angewandten Instrumente waren dieselben 6zölligen Dampfpfeifen der sich entfernenden Schiffe, wie bei den vorigen Versuchen, während die Töne gleichzeitig am Ufer und oben auf Leuchtthürmen beobachtet wurden. Auf dem einen dieser Thürme befand sich der Beobachter 200 Fufs höher als derjenige am Ufer, bei dem andern betrug diese Differenz 92 Fufs. Diese Versuche weisen nach, dafs gegen den Wind die Töne bei höherer Stellung des Hörers weiter hörbar sind als in niedriger. Alle angestellten 16 Beobachtungen ergaben dies und zeigten, dafs dieser Unterschied in der Hörweite mit der Windstärke zunimmt! er wurde bis zur 9fachen Entfernung beobachtet. Mit dem Wind dagegen zeigte sich die Weithörbarkeit, mit Ausnahme einer Beobachtung, fast gleich. Unter 45° gegen den Wind ergaben unter 13 Versuchen 10 ein oft viel besseres Resultat für den höheren Standpunkt. Bei einem Versuche, bei dem unten am Ufer der Ton schon sehr bald verschwand, wurde bei dem Hinaufsteigen des Ufers schon in 25 bis 30 Fufs Höhe der Ton wieder deutlich gehört. — Es ist selbstverständlich, dafs das Verhältnifs des Abstandes des Instrumentes vom Hörer zur Stärke des Schalles hierbei wesentlich mitspricht; wo dies Verhältnifs ein zu grofses wird, werden die gegen den Wind fortschreitenden, nach oben abgelenkten Schallwellen auch über einen nicht all zu hoch stehenden Hörer fortgleiten. Aber dem Schiffer ist durch die obigen Resultate ein wichtiger Fingerzeig gegeben: er wird bei Annäherung an eine Station den gegen den Wind kommenden Ton in weiterem Abstand, also früher, oben vom Mast als vom Deck des Schiffes aus hören können!

Eines Punktes von grofser Bedeutung ist noch zu erwähnen, des Schall-Schattens. Vorspringende Ufer-Partien von entsprechender Höhe, Felsvorsprünge und aufsen liegende Inseln selbst von geringer Höhe, Felsen im Meere und dergl. mehr, und ebenso Gebäude, Thürme und andere Baulichkeiten setzen der Ausbreitung der Tonwellen in den betreffenden Richtungen sie schwächende Hindernisse entgegen, ja können die Töne vollständig abschneiden, und dadurch Schallschatten hervorrufen. Bei den Versuchen zu South-Foreland breitete sich durch die hohen Küsten-Klippen hervorgerufen, ein tiefer Schallschatten in der Linie von der Station nach der Mole in Dover aus. Selbst bei günstigen

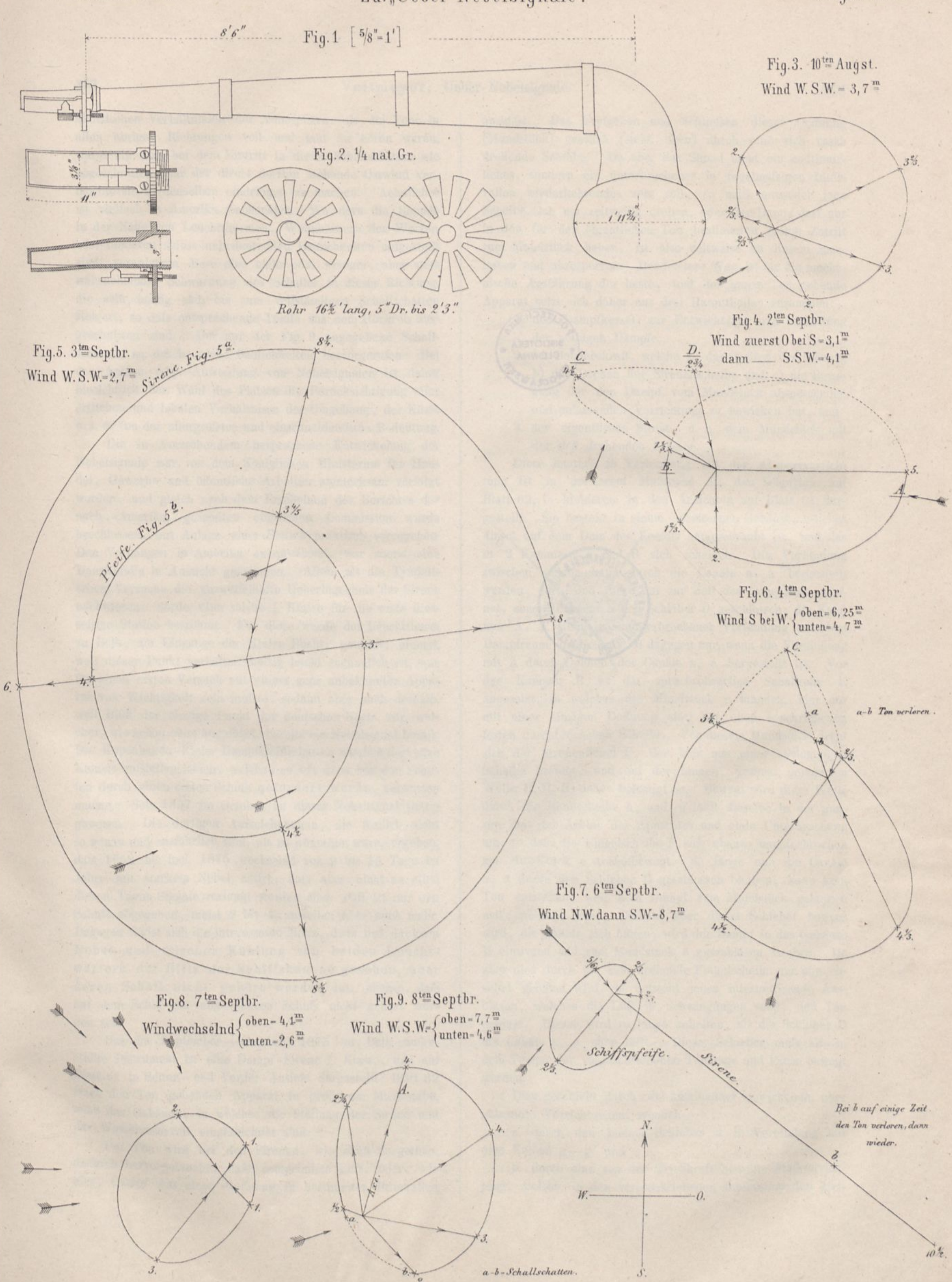


Fig. 1 [5/8" = 1']
8' 6"
Fig. 2 1/4 nat. Gr.
Rohr 16½' lang, 5" Dr. bis 2' 3".
Fig. 3. 10ten Augst.
Wind W. S. W. = 3,7 m
Fig. 4. 2ten Septbr.
Wind zuerst O bei S = 3,1 m
dann — S. S. W. = 4,1 m
Fig. 5. 3ten Septbr.
Wind W. S. W. = 2,7 m
Sirene. Fig. 5a.
Pfeife. Fig. 5b.
Fig. 6. 4ten Septbr.
Wind S bei W. {oben = 6,25 m, unten = 4,7 m}
a-b Ton verloren.
Fig. 7. 6ten Septbr.
Wind N. W. dann S. W. = 8,7 m
Schiffspfeife.
Sirene.
Bei b auf einige Zeit den Ton verloren, dann wieder.
Fig. 8. 7ten Septbr.
Windwechselnd {oben = 4,1 m, unten = 2,6 m}
Fig. 9. 8ten Septbr.
Wind W. S. W. {oben = 7,7 m, unten = 4,6 m}
a-b = Schallschatten.

akustischen Verhältnissen der Atmosphäre, als die Töne in allen übrigen Richtungen voll und laut zu hören waren, waren sie stets bei dem Eintritt in diesen Schallschatten wie abgeschnitten, nur der direct dorthin stehende Ostwind vermochte sie in denselben eindringen zu machen. Aehnliches ist vielfach in Amerika beobachtet. Wo dort die Signale in der Nähe von Leuchtthürmen, Wohnhäusern der Wärter, oder anderen selbst unbedeutenden Baulichkeiten aufgestellt sind, veranlassen diese eine mehr oder weniger, aber stets wahrnehmbare Schwächung des Schalles in dieser Richtung, die sehr häufig sich bis zum vollständigen Schallschatten steigert, so dafs entsprechende Theile aus dem Hörkreis ausgeschnitten sind. Der auf der Fig. 9 angegebene Schallschatten ist durch solche Baulichkeiten hervorgerufen. Bei der Anlage resp. Aufstellung von Nebelsignalen ist daher hinsichtlich der Wahl des Platzes die Berücksichtigung aller örtlichen und lokalen Verhältnisse der Umgebung, der Küste u. s. w. von der allergröfsten und einschneidendsten Bedeutung.

Die in Vorstehendem besprochene Entwickelung der Nebelsignale war von dem Königlichen Ministerum für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten aufmerksam verfolgt worden, und gleich nach dem Erscheinen des Berichtes der nach Amerika gesandten englischen Commission wurde beschlossen, mit Anlage einer Station praktisch vorzugehen. Den Vorgängen in Amerika entsprechend, war zuerst eine Dampfpfeife in Aussicht genommen. Allein als die Tyndallschen Versuche die unzweifelhafte Ueberlegenheit der Sirene nachwiesen, wurde eine solche I. Klasse für die erste diesseitige Station bestimmt. Für diese wurde der Leuchtthurm zu Bülk, am Eingange der Kieler Bucht, gewählt, einmal, weil dieser Punkt verhältnifsmäfsig leicht zugänglich ist, was für einen ersten Versuch mit einem ganz unbekannten Apparat von Wichtigkeit sein mufste, sodann aber auch deshalb, weil Bülk der einzige Punkt der deutschen Küste war, welcher, wie schon oben angeführt, bereits ein Nebelsignal besafs. Die Kopenhagen-Kieler Dampfschiffe hatten nämlich dort eine Kanone aufstellen lassen, welche, so oft dies von den Schiffen durch einen ersten Schufs gefordert wurde, antworten mufste. Seit 1857 im October ist dieses Nebelsignal thätig gewesen. Die dortigen Aufzeichnungen, die freilich nicht so genau und ausführlich sind, als zu wünschen wäre, ergeben, dafs 1858 bis incl. 1875 wechselnd von 9 bis 26 Tage im Jahre mit starkem Nebel notirt, dafs aber nicht an allen diesen Tagen Signale verlangt worden sind. Oft ist nur ein Schufs abgegeben, meist 2 bis 4, zuweilen aber auch mehr. Dagegen findet sich die interessante Notiz, dafs bei dickem Nebel und frischer Kühlung von beiden Leuchtwärtern der Blitz der Schiffskanone gesehen, aber deren Schall nicht gehört worden ist; ebenso, dafs auf dem Schiff ein abgegebener Schufs nicht gehört worden sei!

Das im September — October 1875 zu Bülk aufgestellte Instrument ist eine Dampf-Sirene I. Klasse, und auf Blatt 61 in Seiten- und Vorder-Ansicht dargestellt; Blatt 62 zeigt den Ton gebenden Apparat in gröfserem Maafsstabe, auch das Gebäude, in welches die Stellung der Sirene und das Wasserreservoir eingezeichnet sind.

Der Ton wird bei den Sirenen, wie oben dargethan, dadurch hervorgebracht, dafs comprimirte Luft, oder, wie hier, Dampf aus einer Oeffnung in bestimmten Intervallen ausbläst. Das Freigeben und Schliefsen dieser Oeffnung (Mundstück) geschah (siehe oben) durch eine sich rasch drehende Scheibe. Da aber das Signal nicht ein continuirliches, sondern ein unterbrochenes in regelmäfsigen Intervallen wiederkehrendes sein soll, so mufs entweder jene Scheibe sich nur zeitweilig drehen, oder der Dampf darf nur in den für den eigentlichen Ton bestimmten Zeiten Zutritt zum Mundstück haben, ist also zeitweise zu diesem zuzulassen und abzusperren. Der letztere Weg ist für die mechanische Ausführung der beste, und der ganze Ton gebende Apparat setzt sich daher aus drei Haupttheilen zusammen:

1. dem Dampfkessel, zur Entwickelung und Vorhaltung der nöthigen Dämpfe,
2. der Betriebskraft, welche a) das Speisen des Kessels, b) das Drehen der Sirenenscheibe und c) die Bewegung der den Dampf vom Mundstück absperrenden und zulassenden Vorrichtung zu bewirken hat, und
3. der eigentlichen Sirene, d. h. dem Mundstück mit der sich drehenden Scheibe.

Diese letztere in Verbindung mit der Absperrvorrichtung ist in gröfserem Mafsstabe in den Schnitten auf Blatt 62, in kleinerem in den Ansichten auf Blatt 61 dargestellt. Sie besteht in einem gufseisernen Gehäuse, welches direct auf dem Dom des Kessels aufgeschraubt ist, und das in 2 Kammern A und B sich scheidet. Die Verbindung zwischen beiden kann durch die Canäle a, a hergestellt werden, doch sind diese nur zur Zeit des Tongebens geöffnet, sonst aber durch den Schieber D geschlossen; die Kammer A, A steht in ununterbrochener Verbindung mit dem Dampfraum des Kessels, B dagegen nur, wenn die Verbindung mit A durch Oeffnen der Canäle a, a hergestellt ist. Vor der Kammer B ist das sprachrohrartige Schallrohr E angesetzt, in welches das Mundstück e mündet, hier nur mit einer einzigen Oeffnung statt der oben beschriebenen festen durchbrochenen Scheibe. Vor diesem Mundstück dreht sich der Sirenenflügel F, der hier aus einer 10flügeligen Scheibe besteht, und auf der langen, dreimal gelagerten Welle H, H, H sicher befestigt ist. Bewegt wird diese Welle durch die Riemscheibe h, und es läuft dieselbe in der ganzen Zeit der Arbeit des Apparates und ohne Unterbrechung um, so dafs die Flügelscheibe F sich ebenso ununterbrochen am Mundstück e vorbeibewegt. So lange nun die Canäle a, a durch den Schieber D geschlossen bleiben, kann kein Ton entstehen, weil kein Dampf zum Mundstück gelangen und aublasen kann. Sobald aber dieser Schieber bewegt wird, die Canäle sich öffnen, wird der Dampf in das Gehäuse B eintreten und zum Mundstück e auszublasen streben. Da aber dies durch die sich drehende Flügelscheibe nur abwechselnd geöffnet wird, so entsteht jenes intermittirende Ausblasen, welches die Luft in Schwingungen setzt, den Ton erzeugt. Dieser wird so lange anhalten, als der Schieber D die Canäle a, a offen läfst. Dieser Schieber mufs also in dem Tempo der vorgeschriebenen Tonlänge und Pause bewegt werden.

Dies geschieht durch zwei aufeinander einwirkende, aber getrennte Vorrichtungen, nämlich

a. durch den kleinen Schieber d in Verbindung mit dem Kolben g — g′ und

b. durch eine von der Triebkraft bewegte Stofsvorrichtung, welche in den vorgeschriebenen Intervallen den klei-

nen Schieber d bewegt. Von dem Schieber d ausgehend wird letzteres bewirkt durch den Daumen h an der Welle m—m, auf welcher zugleich der Hebel l mit Gegengewicht p sitzt; ersterer wird durch die Zugstangen k—k angezogen, und diese wieder durch einen Stofsknaggen des Schneckenrades M, Blatt 61, bewegt. Sobald und so lange dies geschieht, öffnet der kleine Schieber d die Canäle n—n, es tritt Dampf hinter den Kolben g und dieser treibt vor, den Schieber D bewegend und die Canäle a—a öffnend, so dafs nun Dampf in die Kammer B strömt und anbläst. Dies dauert die vorgeschriebene Zeit, dann läfst der Stofsknaggen des Schneckenrades los, das Gegengewicht p bewegt die Welle m—m so weit nach entgegengesetzter Richtung, dafs der Daumen h den Schieber d nicht nur in seine erste Stellung, sondern darüber hinaus zieht und die Canäle n', n' nach Kolben g' öffnet, während der Dampf hinter g nun durch die Oeffnung a abströmen kann. Hierdurch wird der Kolben g—g' und damit der Schieber D wieder in seine erste Stellung zurückbewegt, der Dampf ist dadurch von der Kammer B und dem Sirenenmundstück abgeschnitten und der Ton hört auf. Endlich stellt nun das Schneckenrad M den Hebel l, das Gewicht p und den Schieber d wieder in seine ursprüngliche Stellung. So verwickelt dieser Vorgang scheint, so leicht und sicher vollzieht er sich in der Praxis.

Der Kessel ist ein Röhren-Dampfkessel, ähnlich den Locomobilkesseln, mit $7^1/_2$ Fufs $= 2{,}_{285}{}^{m}$ langem Langkessel von $3^1/_2$ Fufs Durchmesser, der 43 Stück Rohre von $2^1/_2$ Zoll $= 63^{mm}$ äufserem Durchmesser enthält. Die feuerberührte Fläche beträgt in den Rohren $17{,}_{65}$ □$^{m}$, im Feuerkasten $2{,}_{25}$ □$^{m}$, also zusammen $19{,}_{9}$ □$^{m}$; die Rostfläche beträgt 1 □$^{m}$. Der Schornstein ist $40^{cm}$ weit bei $14^{m}$ Höhe über der Rauchkammer. Der Kessel darf Dämpfe bis $6^1/_2$ Atmosphären Ueberdruck entwickeln.

Direct neben dem Kessel befindet sich die kleine Betriebs-Dampfmaschine, siehe Blatt 61. Diese ist eine Hochdruck-Maschine von $5^1/_8$ Zoll engl. Kolbendurchmesser und 5 Zoll engl. Hub; sie macht rot. 150 Umgänge in der Minute, und treibt direct die Speisepumpe des Kessels. Ihr Schwungrad ist abgedreht und dient als Riemscheibe zum Betrieb der Sirenen-Welle durch die Riemscheibe h; aufserdem trägt die Schwungradwelle eine zweite kleine Riemscheibe, welche durch Riembetrieb die Schnecke zum Betriebe des Schneckenrades M bewegt.

Da die Speisepumpe des Dampfkessels dieselbe Hubzahl als die Dampfmaschine, rot. 150 pro Minute, machen mufs, so erschien es nicht rathsam, dieselbe direct aus dem Brunnen saugen zu lassen. Es ist daher ein Wasserreservoir N—N, Blatt 62, angebracht, und so hoch gestellt, dafs jene Speisepumpe nicht anzusaugen hat, sondern sich durch hydrostatischen Druck füllt. Dies Reservoir hat reichlich $3{,}_{100}$ kb$^{m}$ nutzbaren Inhalt und kann durch eine Handpumpe und eine Dampfpumpe, die aus dem Brunnen saugen, gefüllt werden. Letztere dient zugleich als zweite polizeiliche Speisevorrichtung. Der Inhalt des Reservoirs reicht für eine Arbeitszeit von rot. 12 Stunden, so dafs nicht leicht seine Wiederfüllung während des Betriebes der Sirene nöthig werden wird; es kann dies jedoch geschehen, da der Dampfkessel auch ausreicht, die Dampfpumpe zugleich mit der Sirene zu betreiben. Für gewöhnlich aber soll die Wiederfüllung nach Schlufs der Sirenen-Arbeit geschehen, und indem der Dampf abgearbeitet wird. Die Handpumpe dient zu Anfang und für Nothfälle zum Füllen des Reservoirs, das stets voll gehalten werden soll. Der Kessel kann direct aus dem Reservoir gefüllt werden und der abgehende Dampf der kleinen Dampfmaschine wird zum Vorwärmen des Speisewassers benutzt.

Die Beschaffung des zum Speisen des Kessels nöthigen Wassers hat, wie wohl häufig an der Seeküste, zu Bülk grofse Schwierigkeiten gemacht, doch ist es gelungen, in rot. $20^{m}$ Tiefe gutes weiches Wasser und in hinreichender Menge zu erbohren. Dieses steigt in 2 Röhren in eine in Cement ausgeführte brunnenartige Cisterne.

Bei den vor Bülk angestellten Versuchen wurde die Sirene in der Richtung des Schallrohres 5 bis 6 Meils in See und deutlich gehört, jedoch nur wenn am Bord alles ruhig war. Es war dies an einem ziemlich heiteren fast windstillen Tage, doch hatte an den vorigen Tagen fortwährend heftiger Wind und Regen, ja Sturm geherrscht, und herrschte ebenso die folgenden Tage, so dafs wohl die höheren Luftschichten noch in starker Bewegung waren. Bei den Proben an den vorhergehenden Tagen stand der heftige Wind und Regen fast in der Richtung des Schallrohres nach See zu, dennoch wurde der Ton auf der Landseite mehr als $90^0$ aus der Axe des Schallrohres, also schon gegen den heftigen Wind, in 3 bis 4 Meils so stark gehört, dafs er für Feuerlärm auf einem benachbarten Dorfe angesprochen worden war. Die Beobachtungen bestätigten ferner, dafs bei ruhiger Luft der Ton $60^0$ zu beiden Seiten der Axe des Schallrohres fast in gleicher Stärke herrscht, und erst von da ab wirklich abnimmt. —

Die Anlage der ganzen Station ist unter der speciellen Leitung des Bauinspectors Herrn Edens zu Rendsburg erfolgt.

Berlin, im März 1876.

Veitmeyer.

---

## Anlage I.

### Resumé des Prof. Dr. Tyndall über die Versuche zu South-Foreland 1873. (Aus seinem Bericht.)

(Die Anmerkungen sind dem Tagebuch entnommen.)

Ein kurzer Ueberblick über unsere Vornahmen wird dem Gedächtnifs des Lesers zu Hülfe kommen, der sich die Mühe genommen hat, sich durch die vorhergehenden Seiten durchzuarbeiten.

Daboll's Horn ist von Schriftstellern über Nebelsignale hoch gerühmt worden; ein Apparat dritter Ordnung dieser Art, so war berichtet, solle seine Töne bis zu einer Entfernung von 7—9 Meils gegen den Wind senden und bis zu 12—14 Meils mit dem Winde. Holmes hat Daboll verbessert, und mit einem Instrument der ersten Ordnung von Holmes wurden unsere Experimente gemacht. Sie begannen am 19. Mai 1873. Pfeifen wurden ebenfalls bei dieser

Gelegenheit angewendet, aber die probirten wurden rasch aufser Concurrenz gesetzt. Bei einer Entfernung von 2 Meils von Foreland[1]) wurden sie nutzlos. Auf 3 Meils Abstand wurden die Hörner ebenfalls wirkungslos. Bei einer Entfernung von 4 Meils, Räder gestoppt und alles an Bord ruhig, waren sie total unhörbar. Die 12-Uhr-Kanone, mit 1 Pfd. Ladung auf dem Drop Fort in Dover abgefeuert, wurde dagegen am 19. Mai, als die Hörner und Pfeifen unhörbar waren, gut gehört. An diesem ersten Tage stellten wir die plötzliche und auffällige Abnahme des Tones fest, als wir uns dem akustischen Schatten näherten, welcher jenseit der Linie liegt, die den Kopf der Admiralitätsmole zu Dover und Süd-Foreland verbindet. Am 20. Mai[2]) hatte die Durchdringbarkeit der Luft sich etwas vermehrt, aber die Dampfpfeife vermochte nicht, bis zu einer Entfernung von 3 Meils zu zu dringen; auf 4 Meils wurden die Hörner, obgleich von Stille an Bord unterstützt, kaum gehört. Durch sorgsame Behandlung wurden die Horntöne bis zu einer Entfernung von 6 Meils getragen. Die Ueberlegenheit der 18pfündigen schon von Trinity-House angewandten Kanone über die Hörner und Pfeifen war an diesem Tage so entschieden, dafs sie fast ihre Empfehlung mit Ausschlufs aller anderen Signale zu garantiren schien.[3])

Am 2. Juni[4]) ereignete sich nichts, um unsere Hoffnungen auf die Hörner und Pfeifen zu steigern. Die Hörner wurden kaum bis zu einer Entfernung von 3 Meils gehört. Mitunter erreichten sie nicht einmal 2 Meils. Bei vollständiger Ruhe an Bord wurden sie später bis zu einer Entfernung von 6 Meils gehört, aber lange vorher hatten sie aufgehört, als Nebelsignale von Nutzen zu sein. Den Anforderungen gegenüber, welche von Schriftstellern über diesen Gegenstand an den Schallkreis gemacht worden sind, war die dargethane Incompetenz der so gerühmten Hörner und Pfeifen nicht ermuthigend.

Am 3. Juni[5]) hatte sich die Atmosphäre auffallend verändert, sie war oben mit Wolken von einem dunkeln und drohenden Charakter beladen; nichts desto weniger wurden die Töne bei einer Entfernung von $3^1/_4$ Meils durch das Geräusch der Räder hindurch gehört, während mit Ruhe an Bord sie jenseits 9 Meils noch hörbar waren.[6])

Am 10. Juni[7]) war die akustische Durchdringbarkeit der Luft ebenfalls sehr gut, die Entfernung reichte bis über $8^3/_4$ Meils hinaus. Ein grofses Horn, welches an diesem Tage angewandt wurde, wurde auf eine Entfernung von 5 Meils durch das Rädergeräusch gehört.[8]) Die Abnahme des Tons nahe der Grenze des akustischen Schattens an der Doverseite war an diesem Tage plötzlich und aufsergewöhnlich und auf gleiche Weise die Hörner und Kanonen beeinflussend. Wir wurden an diesem Tage darauf aufmerksam,

1) Wind Nr. 6—7; fast rechtwinklig — dann gegen — später mit dem Ton. See rauh.

2) Wind = Nr. 2, fast mit dem Tone, See ruhig.

3) Sie wurde bis 7 Meils laut, bis $8^1/_2$ Meils gut gehört.

4) Wind = Nr. 7, rechtwinklig zum Ton, See bewegt und geräuschvoll.

5) Wind = Nr. 2.

6) Bei 6 Meils deckte das Geräusch der Räder nicht ganz den Ton. Bei 7 Meils wurden die Töne von einem heftigen Regen, der rascher als der Wind zog, nicht beeinträchtigt. Nachmittag bei fast entgegengesetztem Winde Nr. 3 bei $3^3/_4$ Meils Horn sehr effectvoll bei rasch gehender Maschine.

7) Wind morgens = Nr. 5 bei rauher geräuschvoller See, später nachlassend und See ruhig.

8) Bei rechtwinkligem Wind Nr. 5.

dafs die Ueberlegenheit der Kanone bei einer Gelegenheit in keiner Weise ihre Ueberlegenheit bei jeder Gelegenheit in sich schliefst. Dieselben Kanonen, welche am 20. Juni soweit über die Hörner hinaus gereicht hatten, waren an diesem Tage nichts mehr, als ihnen gleich.

Der 11. Juni[1]) wurde verwandt, um noch weiter die Abnahme des Tons in Ost und West von Foreland festzustellen; die Ursache der Abnahme ist zum Theil die Schwächung der Tonwellen bei ihrer Divergenz in den Schallschatten hinein, und zum Theil zweifellos die Interferenz.

Am 25. Juni[2]) war die Atmosphäre wieder akustisch sehr mangelhaft. Der Ton erreichte eine Maximal-Entfernung von $6^1/_2$ Meils. Aber auf 4 Meils war der Ton bei Rückkehr von der Maximalentfernung sehr schwach. Die Kanonen verloren an diesem Tage noch mehr ihr Uebergewicht; auf $5^1/_2$ Meils war ihr Schall (Knall) untergeordnet dem Ton des Horns. Kein Ton hatte am 11. die Dovermole erreicht, am Abend des 25. gelang ihnen dies. So machten sich nach und nach die Capricen der Atmosphäre uns bekannt, indem sie zeigten, dafs selbst innerhalb der Grenzen eines einzelnen Tages die Luft, als die Trägerin des Tons, sehr gewichtigen Veränderungen unterliegt.

Der 26. Juni[3]) war ein viel besserer Tag als seine Vorgänger. Die akustische Tragweite war über $9^1/_4$ Meils. Die Richtung des Windes war an diesem Tage weniger günstig für den Ton als an dem vorhergehenden, und bewies also klar, dafs etwas anderes als der Wind einen wichtigen Einflufs auf die Verkürzung des Tonkreises haben müsse.

Am 1. Juli experimentirten wir mit einem drehbaren Horn und hörten seinen directen Ton in der Axe, der als der stärkste festgestellt wurde, auf eine Entfernung von $10^1/_2$ Meils.[4]) Die Töne wurden an diesem Tage auch auf dem Varne Leuchtschiff[5]) gehört, welches $12^3/_4$ Meils von Foreland entfernt ist. Die Atmosphäre war entschieden akustisch klarer geworden, aber nicht so optisch, denn an diesem Tage verfinsterte ein dicker Dunst (haze) die weifsen Klippen des Foreland. In der That hat an Tagen viel gröfserer optischer Klarheit der Ton nicht den dritten Theil der an diesem Tage erreichten Entfernung zu durchdringen vermocht. Im Licht eines solchen Factums mufs eingesehen werden, dafs jeder Versuch, die optische Durchlässigkeit als ein Maafs der akustischen anzunehmen, zu einer Täuschung führen mufs.

Am 1. Juli wurde eine zwölfzöllige amerikanische Pfeife, von der wir einen sehr günstigen Bericht erhalten hatten, an Stelle der englischen Pfeife versucht; aber wie bei ihrem Vorgänger blieb die Leistung des neuen Instrumentes hinter der des Horns zurück. Ein Zwischenraum von 12 Stunden genügte, die akustisch klare Atmosphäre des 1. Juli in eine undurchlässige umzuwandeln, denn am 2. Juli[6]) konnte selbst

1) Wind Nr. 2 u. 3 gegen die Axe des Hornes; Station in Nebel.

2) Wind Nr. 4 rechtwinklig; dann bis Nr. 5 laut und störend; mit arbeitender Maschine nur bis $2^1/_2$ bis $2^3/_4$ Meils gehört.

3) Wind Nr. 3 bis zu 5, gegen die Axe; bei arbeitender Maschine bis $5,_4$ Meils gehört.

4) Wind 2, dicker Nebel um die Station, sonst klar aber wolkig; bis $6^3/_4$ Meils bei arbeitender Maschine gehört.

5) Fast 40° aus der Axe, aber ganz gegen den Wind, der S W. Nr. 2.

6) Wind 3 bis 5 gegen die Axe, dicker Nebel auf der See, dann Nebel (fog) unruhige See.

der Hornton, bei gestoppten Rädern und alles an Bord geräuschlos, nicht weiter als 4 Meils dringen.

So brachte uns jeder neue Tag eine in ihrer Einwirkung neue Atmosphäre, und zeigte klar, daſs Schlüsse, die auf die Beobachtungen eines Tages gegründet sind, gänzlich den Phänomenen eines anderen Tages gegenüber zusammenbrechen können. Dies wurde auf das Deutlichste dargelegt an dem nun zu besprechenden Tage. Die akustische Undurchdringlichkeit des 3. Juli[1]) war noch gröſser, als diejenige des 2., während die optische Reinheit dieses Tages sichtlich ohne Tadel war. Die Klippen des Foreleand konnten heut auf eine Entfernung von 10 Meils gesehen werden, auf welche sie am 1. aufgehört hatten sichtbar zu sein; die Töne dagegen waren auf $^1/_6$ der Entfernung begrenzt. Um 2 Uhr Nachmittags waren weder Kanonen noch Hörner fähig, die transparente Luft auf 3 Meils zu durchdringen, ja kaum bis zu 2 Meils. Diese auſserordentliche Undurchlässigkeit wurde aus der unregelmäſsigen Vermengung wässeriger Dämpfe mit der Luft erklärt, welche durch den kraftvollen Sonnenschein entwickelt waren. Dieser Dampf (vapour), obgleich durchaus unsichtbar, rief das hervor, was ich in seiner Undurchlässigkeit dem Ton gegenüber eine akustische Wolke genannt habe; von einer solchen werden die Tonwellen zurückgeworfen, wie die Lichtwellen von einer gewöhnlichen Wolke. Die so an der Fortpflanzung verhinderten Schallwellen bringen durch ihre Reflexion Echos von auſsergewöhnlicher Stärke und Dauer hervor. Es ist dies, wie ich bemerken mag, das erste Mal, daſs hörbare, von einer optisch durchsichtigen Atmosphäre zurückgeworfene Echos nachgewiesen sind. Beim Niedergange der Sonne hielt die Entwickelung der Dünste inne und die durchlassende Kraft der Atmosphäre stellte sich in einer solchen Ausdehnung wieder her, daſs für eine Entfernung von 2 Meils die Intensivität des Tons um 7 Uhr Nachmittags wenigstens 16 mal so groſs war, als um 2 Uhr Nachmittags.[2])

Nichts was eine Notiz hier erforderte, fiel am 4. Juli, wo unsere Sommerexperimente endeten, vor.

Am 8. October wurden die Beobachtungen wieder aufgenommen, eine Dampf-Sirene und eine canadische Pfeife von groſser Kraft wurden der Instrumentenreihe hinzugefügt. Ein Dampfkessel entwickelte Dämpfe von 70 Pfd. Druck auf den Quadratzoll.

Während des ersten Theils des 8. Octobers[3]) war die optische Durchsichtigkeit der Luft sehr groſs, ihre akustische Durchdringbarkeit andererseits sehr mangelhaft. Dann verfinsterten Wolken die Luft und brachen in Regen und Hagelschauer von tropischer Kraft aus. Aber die Töne, anstatt ertödtet zu werden, wurden durch diesen fürchterlichen Schauer verbessert und, nachdem das Wetter sich aufgeklärt hatte, und damit die örtlichen Getöse nachlieſsen, wurde der Ton auf eine Entfernung von 7 $^1/_2$ Meils deutlicher gehört, und lauter als es bei der vorhergehenden regenlosen Atmosphäre bei einem Abstand von 5 Meils der Fall gewesen war. Die Intensivität des Tones auf 5 Meils Entfernung war daher durch den Regen wenigstens verdoppelt worden,

1) Windstill.
2) Diese Töne wurden bis 7$^3/_4$ Meils gehört, und selbst 12$^3/_4$ Meils auf dem Varne-Leuchtschiff Abends 10 Uhr stark und laut.
3) Wind 2; Sirene bei arbeitender Maschine 3 Meils gehört, die übrigen nicht; bei 5$^1/_4$ Meils auch sie nicht.

ein Resultat, das augenscheinlich der Entfernung des Dunstes durch Condensation und Niederschlag zuzuschreiben ist, während dessen Mischung mit der Luft sich so ungünstig für die Nebelsignale bewiesen hatte.

Wir stellten auch an diesem Tage eine Abhängigkeit zwischen der Stimmung oder Tonhöhe und der durchdringenden Kraft fest: Die Sirene war bei 480 Tonwellen ein wenig dem Horn untergeordnet, dagegen bei 400 Wellen in der Secunde deutlich überlegen. Der Wechsel in der Atmosphäre war ein für das Durchlassen der längeren Tonwellen günstiger geworden.

Die maximale Tragweite am 8. October war 9 Meils; am 9. October[1]) dagegen nur 7 $^1/_2$ Meils.[2]) An diesen beiden Tagen bewies sich die Sirene den Hörnern und bei einigen Gelegenheiten, auch der Kanone überlegen.

Am 10. und 11. October machten wir, da unser Dampfschiff auſsenwärts war, Landbeobachtungen. Wir fanden die Dauer der Luftechos für die Sirene und die Kanone 9 Sekunden, für die Hörner 6 Sekunden; diese Dauer wechselte von Tag zu Tag. Wir versuchten ferner, den Einfluſs des heftigen Windes (welcher die Ursache war, daſs unser Dampfer uns im Stich gelassen hatte) auf den Ton zu schätzen, und fanden, daſs der Ton der Kanone uns in 2 Fällen in 550 Yards Abstand gegen den Wind nicht erreichte, während der Ton der Sirene zur selben Zeit zu einer durchdringenden Intensivität anschwoll. Seewärts wurde die Kanone 5 mal so weit als windwärts gehört, und hätte bestimmt 15 mal so weit gehört werden können. Der momentane Charakter des Kanonentons setzt ihn dem aus, von einem einzelnen Windstoſs erdrückt (gelöscht) zu werden; auſserdem leiden tiefe Töne, momentartig oder nicht, im Allgemeinen mehr von einem Gegenwind als hohe.

Wir hatten am 13. ein anderes Beispiel der Wirkungslosigkeit eines schweren Regens auf das Ertödten eines Tones.[3])

Am 14. war die Maximaltragfähigkeit 10 Meils, aber die Atmosphäre behielt nicht diese durchlassende Kraft. Es war ein Tag von auſserordentlicher optischer Klarheit, aber seine akustische Klarheit nahm ab, als der Tag vorschritt; in der That war die Sonne in Thätigkeit. Wir stellten heut fest, daſs durch eine niedrigere Stimmung der canadischen Pfeife ihr Ton, welcher vorher unhörbar gewesen war, plötzlich hörbar wurde. Der Tag war zuerst günstig für die Transmission längerer Tonwellen; nach einem Verlauf von 3 Stunden war der Fall umgekehrt, die hoch gestimmte Sirene machte sich dann noch hörbar, als Kanone und Hörner unhörbar waren. Aber auch dieser Zustand hielt nicht an, so rasch und überraschend sind die Capricen der Atmosphäre. Um 3 Uhr 30 Minuten Nachmittags verminderte der Wechsel in dem durchlassenden Verhalten der Luft die Intensivität des Tons mindestens auf $^1/_2$ von der, die er um 11 Uhr 30 Minuten besessen hatte, obgleich der Wind dieselbe Stärke und Richtung beibehielt.[4]) Durch alle diese

1) Wind 3 bis 6; Luft klar, sonnig, See geräuschvoll. Sirene bei 3 Meils und arbeitender Maschine, Wind 6, fast gegen den Wind und sehr auſser der Axe 3 Meils sehr dienstfähig gehört.
2) Später weniger!
3) Alle, auch die canadische Pfeife bei starkem Regen und arbeitender Maschine 4 Meils gehört.
4) Wind 2 bis 3.

Verwickelungen wirft die am 3. Juli erlangte Erkenntnifs das Licht eines Princips, welches das anscheinende Durcheinander regelt.

Der 15. October wurde zu Dungenefs zugebracht behuts Untersuchung der Leistungsfähigkeit eines alten Daboll-Hornes. Es ist ein schönes Instrument und von seinem Erfinder geschickt durchgearbeitet; dennoch erfordert es sehr günstige atmosphärische Zustände, um befähigt zu sein, einen Dampfer zu warnen, ehe er dem Ufer gefährlich nahe gekommen ist. Die Richtung, in welcher die Luftechos zurückkommen, wurde heut schon dargestellt, diese Richtung war stets die eine, nach welcher die Axe des Hornes gerichtet war.

Der 16. war ein Tag von aufsergewöhnlicher optischer Durchsichtigkeit, aber von grofser akustischer Undurchlässigkeit; die Maximaltragfähigkeit in der Axe war nur 5 Meils.[1]) An diesem Tage wurden die Haubitze und alle Pfeifen klar von der Sirene geschlagen; diese wurde nämlich auf $3\frac{1}{2}$ Meils bei arbeitenden Rädern noch eben gehört, während die Kanone auf $2\frac{1}{2}$ Meils unhörbar war. Ohne ein sichtbares Object, das möglicherweise ein Echo hervorrufen konnte, waren die reinen Luftechos, aus der mehr südlichen Luft kommend und bei einem Abstand von 2 Meils vom Ufer, bestimmt und lang fortgesetzt. Nahe dem Fufse der Foreland-Klippe bestimmten wir ihre Dauer, und fanden sie zu 11 Sekunden, während diejenige des Echos der besten Pfeife 6 Sekunden war. An diesem Tage waren 3 Pfeifen, welche zusammenwirkend tönten, klein gegen die Sirene und ergaben sich klar als derselben untergeordnet.

Am 17.[2]) wurden 4 Hörner gegen die Sirene verglichen und ihr untergeordnet gefunden. Es war für uns der Tag der gröfsten akustischen Durchdringbarkeit; der Ton erreichte ein Maximum von 15 Meils für die Sirene und von mehr als 16 Meils für die Haubitze. Die Echos waren an diesem Tage eine längere Zeit, als bei irgend einer anderen Gelegenheit hörbar. Sie hielten 15 Sekunden an und zeigt ihre Dauer die atmosphärische Tiefe an, aus welcher sie kamen.

Am 18. October waren wir, obgleich die Experimente nicht auf die durchlassende Kraft der Luft gerichtet waren, nicht ohne Anzeichen, dafs sie fortfuhr, eine hohe zu bleiben. Von 10 zu $10\frac{1}{2}$ Uhr Vormittags, während wir auf das Blasen der Sirene bei einem Abstand von 3 Meils vom Foreland warteten, wurden sich folgende Detonationen, die wir für Musketenfeuer am Lande hielten, deutlich von uns allen gehört. Wir erfuhren später, dafs die Töne von den Büchsen-Schiefsübungen in der Knigstown-Bucht ausgingen, $5\frac{1}{2}$ Meils entfernt. Am 3. Juli, der, optisch betrachtet, ein viel vollkommenerer Tag war, hatte der 18 Pfünder, die Haubitze und der Mörser nicht vermocht, sich auf die Hälfte dieser Entfernung hörbar zu machen.

Der 18. war hauptsächlich bestimmt, den Einflufs der Stimmung und des Druckes auf die Sirene festzustellen.[3]) Indem ich die Veränderungen in der Atmosphäre in Betracht ziehe, bin ich der Meinung, dafs die Sirene 2000—2400 Umdrehungen in der Minute machend oder $\frac{2000 \text{ à } 2400 \cdot 12}{60}$ = 400 bis 480 Tonwellen in der Sekunde hervorbringend, am besten den atmosphärischen Einflüssen entspricht. Wir veränderten den Druck von 40 bis 80 Pfd. auf den □ Zoll, und obgleich die Intensivität nicht im Verhältnifs des Druckes zuzunehmen schien, ergab doch der höhere Druck den härtesten und durchdringendsten Ton.

1) Wind 3; in der Axe die Sirene bei arbeitender Maschine gehört 3 Meils, die Pfeife 2 Meils. — Abends besser.

2) Haze über der See, aber Sonne durchscheinend.

3) Wolkig, haze in der Luft. Wind 2. Die Sirene in rot. 30° leewärts bei arbeitender Maschine 4 Meils gehört.

Der 20. war ein regnigter Tag mit starkem Wind,[1]) bis zu einer Entfernung von $5\frac{1}{2}$ Meils fuhr die Sirene fort, durch See- und Radgetöse hörbar zu bleiben. In rauhem Wetter und wenn örtliches Getöse herrscht, übertrifft der Sirenenton in der That alle übrigen. Bei verschiedenen Gelegenheiten bewies sie heut ihre Ueberlegenheit über Kanone und Horn.

Am 21., als der Deputy-Master uns besuchte, war der Wind stark[2]) und die See hoch, die Horntöne wurden bei gehenden Rädern auf 4 Meils verloren; die Sirene fuhr fort, dienstbar zu bleiben bis zu $6\frac{1}{2}$ Meils. Die Kanone wurde an diesem Tage complet geschlagen, ihre Blitze wurden um Foreland gesehen, aber ihr Ton war unhörbar, als die Sirene deutlich gehört wurde. Heftiger Regen hatte nicht die Kraft die Sirene zu dämpfen. Die Pfeifen wurden auch heute probirt, aber ergaben sich als sehr untergeordnet der Sirene gegenüber.

Am 22. wehte ein frischer Wind (gale) und die „Galatea" verliefs uns. Wir machten am Lande Beobachtungen über den Einflufs des Windes und der localen Getöse. Der Schutz der Küstenwärterstation zu Cornhill befähigte uns, den Schall der Kanone zu hören, welche gänzlich unhörbar war für einen Beobachter aufserhalb dieses Schutzes. Innerhalb dieses Schutzes wuchsen Horn und Sirene deutlich an Kraft, aufsen wurden sie gehört, während die Kanone gänzlich unhörbar war. Wie gewöhnlich waren die Töne auf der Leeseite viel mächtiger, als diejenigen in gleicher Entfernung windwärts. Die Echos aus der wolkenlosen Luft waren an diesem Tage sehr schön.

Am 23. wurden in der Abwesenheit des Dampfschiffes die Beobachtungen über den Einflufs des Windes fortgesetzt, das Erlöschen der Kanonentöne, besonders windwärts, wurde deutlich nachgewiesen. Alle Töne, die Kanone eingeschlossen, wurden viel weiter leewärts als lufwärts getragen. Der Einflufs eines heftigen Gewittersturmes und Regengusses auf Steigerung des Tones wurde von den Beobachtern festgestellt, und zwar auf beiden Seiten, luf- und leewärts vom Foreland. Im Rücken der Sirene war ihre Tragweite heut ungefähr 1 Meil, im rechten Winkel zur Axe und windwärts ungefähr ebenso, leewärts erreichte sie eine Entfernung von $7\frac{1}{3}$ Meils.

Am 24., an welchem die Beobachtungen vom Wasser aus per Dampfschlepper Palmerston gemacht wurden, zeigte die Sirene eine deutliche Ueberlegenheit über Kanone und Hörner, die maximale Tragweite war $7\frac{3}{4}$ Meils.[3]) Der Wind hatte von WSW. nach SO. und dann nach O. gewechselt; als eine Folge hiervon wurde die Sirene laut in den Strafsen von Dover auch bei Wind gehört.

1) Nr. 5 bis 8.

2) Nr. 5 bis 7.

3) rot. bei 70° aus der Axe. Sirene bei arbeitender Maschine $3{,}_9$ Meils gehört.

Am 27. war der Wind ONO.[1]) Die Sirenentöne drangen durch ganz Dover,[2]) sich über das Heulen des Windes und alle anderen Getöse erhebend; sie wurden in derselben Richtung auf eine Entfernung von 6 Meils von Foreland auf dem Wege nach Folkestone gehört und würden wahrscheinlich den ganzen Weg bis dahin gehört worden sein, hätten die Versuche nicht aufgehört. Auf dem Schiffe und in der Axe bei einem starken Wind auf der See reichte die Sirene, und sie allein, bis zu einer Entfernung von 6 Meils; auf 5 Meils wurde sie durch das Rädergeräusch hindurch gehört.[3])

Am 28. wurden weitere Experimente über den Einflufs der Stimmung gemacht. Die Sirene gab bei 480 Tonwellen einen effectvolleren Ton, als bei 300 Tonwellen in der Sekunde. Die Maximal-Tragfähigkeit war heute in der Axe $7^1/_2$ Meils.[4])

Der 29. October[5]) war ein Tag von aufserordentlicher optischer Durchsichtigkeit, aber in keiner Weise akustisch durchlassend. Die Kanone litt am meisten; zuerst war sie eben auf 5 Meils hörbar, später wurde sie auf $5^1/_2$, $4^1/_2$ und $2^1/_2$ Meils versucht, ohne in einem dieser Abstände gehört zu werden. Die Sirene wurde zur selben Zeit deutlich gehört. Die Sonne schien stark und ihrer wachsenden Kraft war wahrscheinlich das Schwächerwerden der Kanonentöne zuzuschreiben: Wind von OSO. zu ONO. Später wurde ganz windwärts die Sirene auf $3^1/_2$ Meils schwach gehört, während die Kanone auf $2^3/_4$ Meils nicht gehört wurde. Am Lande wurden die Sirenen- und Horntöne windwärts auf $2-2^1/_2$ Meils gehört, leewärts auf 7 Meils, während im Rücken des Instruments sie in einer Entfernung von 5 Meils gehört wurden, fünf mal so weit, als am 23. October.

Der 30. October lieferte eine weitere Illustration des Trügerischen der vorherrschenden Meinung, dafs optische und akustische Durchdringbarkeit Hand in Hand gehen. Der Tag war sehr dusig (hazy), die weifsen Klippen des Foreland waren in gröfserer Entfernung ganz verdeckt, dennoch erreichten die Kanonen- und Sirenentöne das Varne-Leuchtschiff, also eine Entfernung von $11^1/_2$ Meils. Die Sirene wurde durch das Rädergeräusch hindurch auf $9^1/_4$ Meils gehört, während bei $8^1/_2$ Meils sie wirkungsvoll als ein Signal bei gehenden Rädern wurde. Die Hörner wurden auf $6^1/_2$ Meils gehört. Dies war während ruhigen Wetters. Nachher, bei einem tobenden Wind von NNW., wurde kein Ton auf $6^1/_2$ Meils gehört. Bei South Sand Head (4 Meils)[6]) war die Sirene sehr schwach hörbar, während Kanone und Hörner unhörbar waren; der Wind war hier quer durch die Richtung des Tons. Am Lande und den Wind ebenfalls quer, wurde die Sirene nur bis zu einer Entfernung von 3 Meils NO. vom Foreland gehört, während in der anderen Richtung sie deutlich auf der Mole zu Folkestone, 8 Meils entfernt, gehört wurde. Kanone und Hörner erreichten nicht Folkestone.

1) Nr. 6.
2) Nicht ganz in der Richtung des Windes und wohl 120° aus der Axe.
3) Im Luf 2 Meils.
4) Für Sirene und Haubitze bei Wind Nr. 3. N. E. Vor Folkestone auf der See auf 8 Meils gehört. Dicker haze, besonders unten, so dafs keine Küste sichtbar; auch der Blitz der Kanone unsichtbar. Auf Windseite in 4 Meils den ganzen Tag nichts gehört.
5) Wind 3.
6) Im Osten.

Wind,[1]) Regen, eine rauhe See und grofse akustische Undurchlässigkeit charakterisirten den 31. October. Kanone und Hörner wurden beide bei 3 Meils Entfernung nicht gehört, während die Sirene zur selben Zeit klar gehört wurde.[2]) Sie sandte später ihren Ton mit grofser Kraft durch einen heftigen Regengufs. Damit das Urtheil über die Töne auf beiden Seiten des Foreland von derselben Person abgegeben würde, übertrug ich (in Abwesenheit unsers Dampfers, der uns der Sicherheit wegen verlassen hatte) die Beobachtungen an Mr. Douglas. Er hörte sie auf 2 Meils auf der Dover-Seite und mit der gleichen Intensivität auf 6 Meils auf der Sandwich-Seite.

Die Experimente erlitten hier eine Unterbrechung; dieselbe wurde zu Vorkehrungen benutzt, um die Sirene nach jeder verlangten Richtung wenden zu können.

Sie wurden wieder aufgenommen am 21. November, an welchem Tage vergleichende Experimente zwischen Kanone und Sirene gemacht wurden. Beide Tongeber haben, als Nebelsignale verwandt, häufig einen Bogen von 180° zu bestreichen, und es war wünschenswerth, mit gröfserer Bestimmtheit zu wissen, wie der Ton bei windigem Wetter durch die Richtung, nach welcher Kanone und Sirene gestellt sind, beeinflufst wird.[3])

Die Kanone wurde deshalb zuerst auf uns gerichtet und abgefeuert, dann gewendet und abgefeuert in einer Linie rechtwinklig zur ersteren. Es ergab sich ein hörbarer, obgleich geringer Unterschied zwischen den Tönen in beiden Fällen. Ein ähnliches Experiment wurde mit der Sirene gemacht, und hierbei war der Abfall, wenn das Instrument rechtwinklig zur Verbindungslinie zwischen uns und ihm gestellt war, sehr bedeutend. Dies hatte erwartet werden müssen, denn das Schallrohr, das an der Sirene angebracht ist, hat den bestimmten Zweck, den Ton zusammenzuhalten und in eine bestimmte Richtung zu leiten, während kein solcher Zweck der Construction der Kanone zu Grunde liegt. Die hier angeführten Experimente wurden in weitem Maafse verstärkt durch andere am 22. und 23. November.

An diesen Tagen wurden die Kanonen der „Galathea" windwärts und leewärts abgefeuert, die Luftechos waren im letzten Falle deutlich lauter und länger als im ersteren.

Gerade gegenüber der Cornhill-Küstenwachtstation und nur $1^1/_4$ Meils von Foreland fiel die Sirene am 21., obgleich nach uns gerichtet, plötzlich und bedeutend in ihrer Stärke. Ehe wir Dover-Mole erreichten, hatte sie aufgehört, hörbar zu sein. Der Wind war hier zwar gegen den Ton, aber obgleich dies zu dem Resultate beitrug, konnte es dem allein nicht zugeschrieben werden, noch allein der Nähe des Schallschattens. Diesen beiden Ursachen mufsten sich atmosphärische Einflüsse zugesellt haben. Dies Experiment lehrt bündig, dafs es atmosphärische und locale Ursachen giebt, welche vereinigt unsere kräftigsten Instrumente verhindern, mehr als eine entfernte Annäherung an diejenigen Anforderungen zu machen, welche Schriftsteller über Nebelsignale verlangt haben.

1) 4 bis 5, später 6 bis 8.
2) Bei arbeitender Maschine bis $3^1/_2$ Meils.
3) Sirene in der Axe bei arbeitender Maschine 5 Meils gehört.

Am 24. November wurde der Ton der Sirene, welche windwärts [1]) gerichtet war, auf gleiche Entfernungen in der Front und hinter dem Instrument verglichen, er war lauter leewärts im Rücken, als auf gleiche Entfernung windwärts in der Front. Daher ist es bei Wind erforderlich, das Instrument windwärts zu richten. [2])

1) Wind 2 und 3.

2) Gegen Wind in der Axe $2,_7$ Meils gehört; desgl. im Rücken $1^1/_4$ Meils nicht. Mit Wind im Rücken $2,_5$ Meils gehört. Bei Axe mit dem Wind: 90° aus der Axe gut gehört.

Die Pfeifen wurden an diesem Tage mit der Sirene bei abgenommenem Schallrohr verglichen. Die canadische und die 8zöllige Pfeife bewiesen sich am wirkungsvollsten, aber die nackte Sirene wurde ebenso gut gehört, als eine von ihnen.

Was die Undurchlässigkeit betrifft, so wetteiferte der 25. November mit dem 3. Juli. Die Kanone wurde auf eine Entfernung von $2,_8$ Meils nicht gehört, ja sie gab nur einen schwachen Knall auf $2^1/_2$ Meils. Dies war wie am 3. Juli bei ruhiger Luft. Ein Aufkommen des Windes brachte später ein Aufleben der Töne mit sich.

## Anlage II.

### Bericht des Fred. Arrow, Deputy-Master of the Corporation of Trinity House.

Voran unter den practischen Resultaten steht das wichtige Factum, dafs Nebel nicht die Fortpflanzung des Schalles verhindert, wie dies lange vorausgesetzt worden ist. In der That hat es sich gezeigt, dafs eine nebelige Atmosphäre in hohem Maafse für das Sichfortpflanzen der Tonwellen günstig ist. Ferner: während schwerer verfinsternder Regen- oder Schneestürme ist der Durchgang des Tons durch die Luft nicht versperrt; für den ersteren Fall berichten in der That die Beobachtungen des Comités eine Zunahme der Kraft der Töne, sowohl während, als unmittelbar nach einem Regensturme, und die Versuche des Dr. Tyndall in den Alpen können als Zeugnifs für das Gleiche bei fallendem Schnee angenommen werden. Es darf daher sicher geschlossen werden, dafs wenn immer der Zustand der Witterung ein solcher ist, der Nebelsignale nothwendig macht, dann auch die atmosphärischen Bedingungen für ihre wirkungsvolle Anwendung am günstigsten sind, und ebenso, dafs unter den oben angeführten Witterungsbedingungen die Tragweite der Signale viel gröfser sein wird [1]), als die Grenze, welche in dem Bericht als das Resultat der allgemeinen Beobachtungen niedergelegt ist.

Zum Einflufs des Windes auf den Ton übergehend, bestätigt der Bericht alle vorhergehende Erfahrung und zeigt, dafs der kräftigste Ton nicht vermag, die entgegenstehende Kraft eines starken Windes bis zu irgend einer beträchtlichen Entfernung zu durchdringen; aber es ist genugthuend, versichert zu sein, dafs, selbst gegen eine mäfsige Brise (gale) und unter ungünstigen Bedingungen für die Tonfortpflanzung, man sich darauf verlassen kann, dafs die Signale den Ton bis zu einer Entfernung von 2 bis 3 Meils senden und bei Nebel in seiner gewöhnlichen Beschaffenheit beträchtlich weiter. Indem man aber Rücksicht nimmt auf die Veränderlichkeit der Tragweite desselben Instruments an verschiedenen Tagen, welche Veränderlichkeit den verschiedenen Zuständen der Atmosphäre zuzuschreiben ist, ist es nicht möglich, positiv zu versichern, dafs irgend ein Signal eine absolute Tragweite hat, auf welche man sich zu jeder Zeit verlassen kann. Die Praxis der Elder Brethern, in ihren Notizen über Nebelsignale nicht eine Maximalweite der Hörbarkeit zu publiciren, oder vereinzelte Vorkommnisse für alltägliche anzunehmen, ist deshalb durchaus gerechtfertigt. Glücklicherweise sind weite Hörbarkeiten nicht sehr nothwendig, insofern als der Schiffer nicht nöthig hat, ein Tonsignal auf eine Entfernung von 10, 15 oder 20 Meils zu hören. Dr. Tyndall beruft sich in Beziehung hierauf auf die Ansicht, welche von unserm dahingegangenen wissenschaftlichen Rathgeber Professor Faraday ausgesprochen wurde, nämlich: „dafs ein falsches Versprechen dem Schiffer gegenüber schlimmer sein würde, als gar kein Versprechen.“ Die Brüder haben kaum nöthig, ins Gedächtnifs zu rufen, dafs, indem er so sagte, unser theurer, verehrter Freund einfach das leitende Princip des Trinity-House aussprach, so alt vielleicht, als die Corporation selbst, nämlich, dafs Sicherheit allein in Gewifsheit gefunden wird, und dafs irgend etwas, welches nicht die letztere Bedingung erfüllt, mehr ein Feind als ein Freund des Schiffers ist. Indem man deshalb die Abhängigkeit von atmosphärischer Interferenz bei immer wechselnden Bedingungen im Auge behält (siehe den Bericht), so mufs die Aufmerksamkeit zunächst auf die anzuwendenden Instrumente gerichtet werden, und auf die Schlufsfolgerungen, zu welchen man in Bezug auf jedes von ihnen nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen gelangt ist.

1) Dies widerspricht zum Theil den amerikanischen Erfahrungen bei Nebel; siehe vorstehend.

Die Instrumente, welche versucht wurden, waren die amerikanische Sirene, das Holmes'sche Horn, die amerikanische, canadische und englische Dampfpfeife und drei Kanonen. Der Effect, der von allen diesen Instrumenten erlangt wurde, schwankte zu den verschiedenen Zeiten in einer auffallenden Weise; was aber die Wirksamkeit im Allgemeinen betrifft, so ist kein Zweifel, dafs die amerikanische Sirene den ersten Platz einnimmt. Sie hat die gröfste durchdringende Kraft gezeigt, besonders wo locale Getöse zu überwinden waren; aber sie hat bis jetzt die Schattenseite, dafs sie durch Dampf von hoher Spannung, 70 Pfd., betrieben wird, was nicht allein ein ernstes Element in Bezug auf Gefahr ist, sondern auch eine beträchtliche Ausgabe für Brennmaterial und Arbeit bedingt. Mr. Douglas stellt jedoch die Meinung auf, dafs die Sirene durch calorische Maschinen betrieben werden kann, und er sieht zuversichtlich voraus, dafs man den Dampf ganz und gar bei Seite lassen, und so dies Instrument sicher, ökonomisch und zu einem wirkungsvollen Signal für die allgemeine Anwendung machen kann. [1])

1) Ist von A. & F. Brown schon 1875 ausgeführt, ob aber die calorischen Maschinen von 12 Pfd. Kraft und die Luftpumpen gut arbeiten und ohne viele Reparaturen, darüber fehlen bis jetzt die Berichte.

Das Lufthorn hat sich ebenfalls als ein wirkungsvolles Instrument bewiesen, den Pfeifen überlegen und zu Zeiten der Sirene gleich. Sein Hauptvortheil ist, dafs es mit Hülfe einer calorischen Maschine angeblasen wird, mit etwas über 20 Pfd.[1]) Pressung, dafs es ohne erfahrene Arbeiter(?) bedient werden kann, und indem es die Gefahr der Anwendung von Dampf und Schiefspulver vermeidet, verbindet es Sicherheit mit Oekonomie. Sein reiner musikalischer Ton mag ein Element zur Unterscheidung sein, fähig, so entwickelt zu werden, dafs er schliefslich zu einer gewissen Anwendung in dieser Beziehung zu benutzen ist. In der Praxis stellen sich ein oder zwei Schattenseiten gegen den Gebrauch der Zungeninstrumente ein, nämlich die Schwierigkeit des Stimmens, und dafs die Zungen Brüchen ausgesetzt sind. Solche Zufälligkeiten werden nicht leicht bei der Sirene vorkommen, und wenn Oekonomie und Einfachheit im Betrieb durch Anwendung der calorischen Maschine auf die mächtigere Sirene übertragen werden kann, so scheint es klar, dafs das Resultat überaus günstig sein wird, und sie eine sehr nützliche Verbindung von Kraft, Sicherheit und Oekonomie ergeben wird. Nichtsdestoweniger rechtfertigt die befriedigende Wirkung des Hornes während der letzten Versuche vollkommen seine jetzige Anwendung als Nebelsignal.

Nicht so viel kann zu Gunsten der Pfeifen gesagt werden. Die ganzen Versuche hindurch wurde die markirte Ueberlegenheit der andern Instrumente ihnen gegenüber festgestellt.[2]) Die amerikanische Pfeife, ein rauhes Gebrüll in der Nähe ausstofsend, war betäubend, aber ihrem Ton gelang es nicht, bis zu einer nützlichen Entfernung zu dringen. Die canadische Pfeife scheint besser gewesen zu sein, aber sie versagte auch in allgemeiner wirksamer Kraft, dennoch wurde sie zu Zeiten auf grofse Entfernungen gehört, ja selbst einen Vorzug über die anderen Instrumente erlangend; aber dies war ein sehr seltenes Ereignifs. Als Regel blieben die Pfeifen hinter der Sirene, dem Horn und der Kanone zurück und scheinen mehr als die anderen Instrumente von den aufsergewöhnlichen atmosphärischen Bedingungen abhängig zu sein, um ihre besten Resultate zu gewähren. Die allgemeine Schlufsfolgerung scheint daher zu sein, dafs für practische Zwecke Dampfpfeifen, wie sie versucht wurden, nicht vortheilhaft für Nebelsignale sind.

Was die Nützlichkeit der Kanonen betrifft, so scheint es nach dem Bericht, dafs sie gewisse Nachtheile besitzen; nämlich die kurze Dauer des Tons, dafs der Ton dem ausgesetzt ist, von Local-Getösen erdrückt zu werden, und die verhältnifsmäfsige Unfähigkeit, es mit einem entgegengesetzten Winde aufzunehmen.[3]) Dr. Tyndall zählt nichtsdestoweniger die Kanone zu den Signalen 1. Klasse, eine Meinung, welche die lange Erfahrung ihrer Anwendung bestätigt. Die Kanone ist als ein Signal den Schiffern wohl bekannt, und es wird behauptet, dafs ihr Blitz in dickem Wetter von Nutzen ist. In Bezug auf die bei den Experimenten benutzten Kanonen tritt hervor, dafs die kurze $5^1/_2$ zöllige Haubitze mit 3 Pfd. Ladung dem langen 18-Pfünder und dem 13zölligen Mörser mit denselben Ladungen überlegen ist. Die Haubitze hat im Allgemeinen einen lauteren und wirkungsvolleren Knall gegeben. Der Gegenstand einer Special-Kanone für Nebelsignale wird jetzt verhandelt, und es scheint wahrscheinlich, dafs sowohl in Bezug auf effective Kraft als auf Leichtigkeit der Behandlung die Kanone viel dienstfähiger, als bis jetzt, hergestellt werden wird.

Aus den vorhergehenden Bemerkungen wird ersehen werden, dafs gegenwärtig 3 Arten von Instrumenten practisch brauchbar für den Dienst als Nebelsignale sind, nämlich die Sirene, das Horn und die Kanone; und als weitere Erfahrung in Bezug auf dieselben ist der Anhalt gewonnen, dafs es vernünftig ist, grofse Verbesserungen zu erwarten und dafs die späteren zu erlangenden Resultate die jetzt berichteten übertreffen werden.

Es werden nun kurz noch ein oder zwei Punkte zu besprechen sein, die im Zusammenhang stehen mit der Wahl der Stelle und des zu benutzenden Instrumentes, wenn der Ort bestimmt ist. Bei den Erhebungen ist der Frage bezüglich der Höhe über See, in welcher es wünschenswerth ist, das Signal zu placiren, einige Aufmerksamkeit zugewendet worden, und die Resultate zeigen, dafs es vortheilhaft ist, derartige Signale in einer beträchtlichen Höhe über der See zu placiren, um die Interferenz zu vermeiden, welche durch das Getöse der Brandung, das Rasseln der Kiesel u. s. w. verursacht wird. Die vergleichenden Versuche, welche zwischen einem Paar Hörner auf dem Gipfel der South-Foreland-Klippe und einem anderen Paar 200 Fufs niedriger und nahe der Seeoberfläche gemacht wurden, bewiesen mit kaum einer Ausnahme, dafs die höher placirten Hörner den unteren überlegen waren. Hiernach scheint es räthlich zu sein, wo möglich die Signale hoch über der See zu placiren. Aber es giebt an unserer Küste Oertlichkeiten, an denen Nebelsignale nothwendig sind, und wo doch keine beträchtliche Erhebung erlangt werden kann; so Dungeness, Oxfordness u. s. w. Für solche Oertlichkeiten wird deshalb eine grofse mächtige Sirene sehr angemessen sein, fähig, die Getöse der Seeküste zu überwinden. Für Uferbänke, Leuchtschiffe und andere Orte, die unbelästigt von solchen beeinträchtigenden Getösen sind, wird ein kleineres Instrument der genannten Art oder ein Horn sich dienstbar beweisen, und die Kanone wird ein geeignetes Signal für solche Oertlichkeiten sein, die bei einiger Entfernung über der See klar und ohne benachbarte ausliegende Felsen sind, und welchen die Schiffe bis dicht heran sich nahen können.

Es ist nicht die Absicht, in dem Vorstehenden irgend ein System aufstellen zu wollen, welches unabänderlich beobachtet werden soll. Aber die vorhergehenden Bemerkungen mögen bei der Auswahl der Signale mit Rücksicht auf die Leistungen der Instrumente, wie sie im Bericht dargelegt sind und auf welche Bezug genommen ist, als ein Fingerzeig und zwar als ein solcher von einiger Bedeutung betrachtet werden, wie die verschiedenen Vorzüge der Instrumente am nützlichsten zu verwerthen sind.

Bei der Behandlung der Localisirung der Nebelsignale mufs auf die Vorsicht, die im Berichte empfohlen ist, hingewiesen werden, dafs bei der Aufstellung eines Nebelsignales der mögliche Einflufs der Schallschatten mit in Betracht gezogen werde. Dies ist ein Punkt, auf welchen schon in dem Bericht unserer nach Amerika gesandten Commission hingewiesen wurde, indem angeführt wird, dafs bei den in

1) Nach neueren Angaben sollen erst 30 Pfd. hinreichend starke Töne geben.

2) Siehe hierüber die Bemerkungen im Vorstehenden.

3) Hierzu kommt, dafs die Signale nur alle 15 Minuten gegeben werden können. Diese Pausen sind den so kurzen Signalen gegenüber viel zu lang.

der Portland-Bai in den Vereinigten Staaten ausgeführten Experimenten der Einflufs eines Schallschattens deutlich wahrgenommen wurde, und das Comité sprach in seinem Bericht aus, dafs „bei Auswahl der Stelle für ein Nebelsignal Sorge zu tragen sei, dafs kein vorspringender Punkt oder Klippen mit dem Schallkreise in Collision komme.“ Es ist befriedigend, zu finden, dafs die Schlüsse jenes Comités in Bezug auf diesen Punkt durchaus von den diesseitigen Erhebungen bestätigt werden.

Ein anderer wichtiger Schlufs, der sich in Bezug auf den Ort aus dem Bericht ergiebt, ist, dafs von keinem Signal mehr zu fordern ist, als dafs es eine Gefahr seewärts über eine oder $1\frac{1}{4}$ Meils hinaus markire! Da die geringste effective Tragweite eines Signals $2\frac{1}{2}$ Meils ist, so werden Schiffe, welche sich einer solchen gefährlichen Stelle nähern und in den Schallkreis kommen, noch Raum zum Manövriren haben und fähig sein, sich in einer sicheren Entfernung zu halten. Dies gilt natürlich unter Zugrundelegung der minimalen Tragweiten des Berichtes, aber es ist, wie vorstehend dargelegt wurde, mehr als wahrscheinlich, dafs bei Nebelwetter der Schallkreis sich weiter ausdehnen wird, als die angegebene minimale Grenze.

Noch eine andere wichtige Erwägung ist in Betracht zu ziehen, nämlich die Richtung, in welcher der Schall entsandt werden soll. Da der Ton eines Signals in der Richtung der Axe der wirkungsvollste ist, so folgt, dafs das Instrument einer solchen Adjustirung fähig sein mufs, dafs der stärkste Ton stets direct gegen den ihn hemmenden Wind geworfen werden kann.

Es mufs bemerkt werden, dafs noch in einem anderen Punkte diese Experimente die Meinung unseres amerikanischen Comités bestätigen, nämlich in Bezug auf die Unterscheidung der Nebelsignale unter einander. Es ist klar nachgewiesen, dafs es nicht möglich ist, sich auf die Unterscheidbarkeit der Töne allein zu verlassen, denn der Schiffer würde einen solchen Unterschied nicht würdigen. In der That sind die Sirenen, Hörner und Pfeifen ohne Unterschied von den Schiffern als Nebelhörner angesprochen worden. Zwischen dem Knall der Kanone und dem Ton der Sirene oder des Horns ist ein durchaus verständlicher Unterschied, aber zum weiteren Zweck der Unterscheidung der letzteren Instrumente untereinander bietet der Wechsel der Länge der Pausen zwischen jedem Blasen das befriedigendste Unterscheidungsmittel. In Bezug auf diesen Punkt mufs bemerkt werden, dafs Dr. Tyndall mit einigem Vorbehalt eine Meinung ausgedrückt hat, welche nur schwer mit der Erfahrung der Elder Brethern übereinzustimmen scheint. Dr. Tyndall möchte die Pause auf eine Länge von 30 Sekunden beschränken und, diese Meinung zu unterstützen, zieht er eine Analogie zwischen der Thätigkeit des Auges und des Ohres, welche sich nicht für die wirkliche nautische Praxis empfiehlt. Der Board wird wahrscheinlich nicht geneigt sein, einen klaren Vortheil in Bezug auf Kraft und auf grofsen Spielraum in Bezug auf die Unterscheidungsfähigkeit aufzugeben, indem er festsetzte, dafs die längste Pause 30 Sekunden nicht überschreiten darf. Und dies wohl um so weniger, da bekannt ist, dafs selbst in Zwischenräumen von einer Viertelstunde abgefeuerte Kanonen sich von grofsem Nutzen für den Schiffer bewiesen haben.

London, den 8. Juni 1874.

gez. Ferd. Arrow, Deputy-Master.

---

# Die unterirdischen Eisenbahnen Londons.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Q im Text.)

(Auszug aus einem Reiseberichte.)

Die unterirdischen Bahnen Londons sind für diese Stadt von der gröfsten Wichtigkeit, weil sie den Theil der Stadt umschliefsen, in welchem sich das Hauptgeschäftsleben concentrirt. In diesem Theile befinden sich zugleich die hervorragendsten öffentlichen Gebäude, die der Kunst und Wissenschaft dienenden Institute, endlich auch die den Weltverkehr vermittelnden Anlagen, als: Post, Bank und Börse; sie umschliefsen also gewissermaafsen das Herz der Stadt. Eine erhöhte Wichtigkeit erhalten die Bahnen dadurch, dafs fast alle gröfseren in London mündenden Bahnen Anschlüsse an dieselben haben und dafs sie von Zügen dieser Bahnen befahren werden. Sie sind also gleichsam die Hauptcanäle, denen der Verkehr aus der Innenstadt zufliefst, um durch die einmündenden Bahnlinien in die Vor- und Aufsen-Städte abgeleitet zu werden, und umgekehrt.

Die Londoner Geschäftsleute pflegen ihre Familienwohnungen in den Vorstädten zu haben, von wo sie jeden Morgen nach den in der Innenstadt gelegenen Geschäftslocalen fahren, um Abends nach beendigtem Tagewerk wieder zur Familie zurückzukehren. Diesen Verkehr nehmen die unterirdischen Bahnen zunächst auf. Aber nicht nur die Geschäftswelt, sondern auch alle anderen Bewohner der Vorstädte, welche zur Stadt wollen, sind in erster Linie auf die unterirdischen Bahnen angewiesen, da sie entschieden rascher und bequemer wie mit jedem anderen Transportmittel zu ihrem Bestimmungsort gelangen, sei es in der Innenstadt oder in einer der Vorstädte. Rechnet man nun den Verkehr der Geschäftsleute im Innern der Stadt hinzu, so kann man sich leicht eine Idee von der gewaltigen Frequenz auf diesen Bahnen machen.

Auf der Anlage Blatt Q Fig. 1 sind die unterirdischen Bahnen mit ihren Anschlüssen an die anderen Bahnen Londons eingezeichnet. Die ersteren sind in starken Linien, die anschliefsenden Bahnen dagegen nur in einfachen Linien ausgezogen. Um die Uebersichtlichkeit nicht zu stören, ist nur ein Theil der Stationen namentlich aufgeführt.

Die unterirdischen Bahnen bestehen aus 2 Gesellschaften, und zwar aus:

1) der Metropolitan railway, von Moorgate street bis South Kensington und Gloucester-road,

2) der District railway, von South Kensington bis Mansion House.

Hierzu kommen noch die Abzweigungen der Metropolitan railway von Bakerstreet-junction bis Swiss cottage und der District railway von Gloucester road bis Hammersmith. Die Gesammtlänge der Bahnen ohne die Abzweigungen beträgt ca. 18 Kilom. und umschliefsen dieselben einen Flächenraum von ca. 8 Kilom. Länge und $3,_2$ Kilom. gröfster Breiten-Ausdehnung. Die beiden Endstationen Mansion House und Moorgatestreet liegen $0,_8$ Kilom. von einander entfernt, in unmittelbarer Nähe der Bank.

Die Bahnen sind zum gröfsten Theil als Tunnel ausgebaut und ziehen sich unter den Strafsen und den Häuserquartieren hin. Wo es möglich war, wie in Gärten und Höfen, sowie auf den Bahnhöfen, sind offene Einschnitte zwischen hohen Futtermauern ausgeführt, um den Tunnels die nöthige Luft zuzuführen. Von der Westminster-Brücke bis zur Blackfriars-Brücke, in einer Länge von beinahe 2 Kilom., liegt die Bahn in unmittelbarster Nähe der Themse in den Anlagen, welche durch Anschüttung dem Flusse abgewonnen wurden.

Die Bahn liegt hier stellenweise bis zu 16 Fufs engl., d. i. $4,_{876}{}^{m}$ unter der höchsten Hochfluth.

Für die Ausführung der Bahnen gelangten folgende Profile zur Anwendung (diese Profile sind dem Werke entnommen: Moderne examples of road and railway Bridges, by William H. Maw and James Dredge):

1) Offener Einschnitt, von Futtermauern eingefafst.

Diese Futtermauern bestehen aus 2 getrennt von einander ausgeführten Theilen, und zwar: dem constructiven Theil und, wenn man sich so ausdrücken darf, der zur Stabilität erforderlichen Masse, wie aus Fig. 2 ersichtlich.

Der constructive Theil bildet das Gerippe des Bauwerks und ist mit der äufsersten Sparsamkeit an Material ausgeführt. In Entfernungen von $3,_{35}{}^{m}$ von Mitte zu Mitte reichen Pfeiler von $0,_{66}{}^{m}$ Dicke durch das ganze Profil des Bauwerks. Die hintere Seite derselben ist senkrecht, die vordere mit einer Neigung von etwa 1 : 8 angelegt. Der mittlere Durchmesser beträgt etwas mehr als ein Drittel der Höhe. Nach der vorderen Seite zu verstärken sich die Pfeiler zu $1^{m}$. Die sich hierdurch bildenden schrägen Flächen dienen als Widerlager für ein Gewölbe, welches aus harten Ziegelsteinen zwischen die Pfeiler eingespannt wird. Dasselbe wird aus 3 bis 4 Ringen von der Stärke eines halben Ziegelsteines gebildet. Hiermit ist das Gerippe der Mauer fertig gestellt, und wird der ganze übrige Theil des Profils mit einem Concret aus Steinstücken, Sand und Cement ausgefüllt, wobei durch eingesetzte Röhren auf eine Abführung des sich hinter der Mauer bildenden Wassers Sorge getragen wird. Die Mauern erhalten durch diese Art der Ausführung unter vollständiger Wahrung der Stabilität ein sehr gefälliges Aussehen und lassen sich, da nur das Gerippe aus gutem Baumaterial besteht, leicht und schnell ausführen, um so mehr, als die concrete Masse, der gröfsere Theil des Bauwerks, von Maschinen zubereitet, mit Hilfe gewöhnlicher Arbeiter hinterfüllt und eingestampft werden kann.

2) Profil zur Unterfahrung von Häuserquartieren.

Da bei diesem Profile die Nothwendigkeit vorliegt, eventuell an jedem beliebigen Punkte eine Mauer zur Unterfangung eines Gebäudes aufsetzen zu müssen, so schritt man zur Anwendung von Eisenconstructionen.

Auf den beiderseitigen Futtermauern, welche in ähnlicher Weise wie Profil Fig. 2 construirt sind, liegen auf den Pfeilern in etwa $2,_5{}^{m}$ Entfernung von Mitte zu Mitte eiserne Träger von $0,_{76}{}^{m}$ Höhe; $7,_{62}{}^{m}$ freiliegend (cf. Fig. 3). Zwischen denselben sind Gewölbe eingespannt von halber Ziegelsteindicke. Der Rücken und die Zwickel der Gewölbe sind mit Concret ausgeglichen. Für das Unterfangen starker Gebäudemauern werden schmiedeeiserne Träger verwendet, während sonst gufseiserne Träger nach Querschnitt 3d zur Anwendung gelangen.

Bei gröfseren Tiefen, sowie in Strafsen etc. schreitet man

3) zur Anlage von Tunnelprofilen

nach der in Fig. 4a und 4b gegebenen Form. Dieselbe ist von der bei uns üblichen Form wesentlich verschieden, da sie bei fast derselben lichten gröfsten Weite eine um beinahe $2^{m}$ geringere Höhe aufweist.

Die nöthigen Maafse sind aus der Zeichnung leicht zu erkennen, und will ich hier nur anführen, dafs das Gewölbe aus 5 Ringen von halber Ziegelsteindicke besteht, während die Seitenmauern eine Stärke von $0,_{66}$ bis $0,_{75}{}^{m}$ haben.

Durch entsprechende Uebermauerung mit Concret ist neben der Sicherung der Bruchfuge zugleich für eine gute Abwässerung Sorge getragen. Das Wasser wird hier, wie auch bei den früheren Profilen, durch eingemauerte Rohre in das Innere des Tunnels geleitet, um an entsprechenden Stellen in die städtischen Canäle abgeführt zu werden.

Wenn die Sohle des Tunnels so tief zu liegen kommt, dafs das Grundwasser eindringen kann, so pflegt man die Sohle durch ein umgekehrtes Gewölbe zu schliefsen, wie die Figur 4b zeigt.

Dasselbe wird aus 4 Ringen hergestellt und ruht vielfach auf einer Betonsohle von etwa $1^{m}$ Stärke. Liegt die Sohle der Tunnels tiefer als die städtischen Canäle, wie beispielsweise in der oben benannten Strecke von der Westminster- bis zur Blackfriars-Brücke, so wird das Tagewasser und das eindringende Grundwasser in Sammelbassins geleitet und durch Maschinen ausgepumpt. Eine solche Anlage ist die in Figur 5a und 5b angegebene. Das Wasser gelangt aus den beiden Canälen *a* und *b* durch den Sammelcanal *c* in das Schlammbassin *d*, aus diesem tritt es in das Bassin *e*, in dessen einer Ecke, *f*, die Pumpe aufgestellt ist. Die Kesselanlage und Maschine befinden sich direct über diesen Bassins, so dafs die ganze Einrichtung den unglaublich geringen Flächeninhalt von $14,_5{}^{m}$ Länge bei $3,_6{}^{m}$ Breite einnimmt.

Der Oberbau der unterirdischen Bahnen ist der gewöhnliche Holzschwellen-Oberbau mit breitbasigen Schienen. Dieselben werden aber vielfach durch Stuhlschienen ausgewechselt und ist beabsichtigt, dieselben durchgehends einzuführen. Die Schwellen haben zwar geringere Abstände wie bei uns, sind dafür aber auch nicht so stark.

Das Gefälle der Bahn beträgt in max. 1 : 40, und finden sich Durchgangsstationen im Gefälle von 1 : 60 angelegt, was durchaus zulässig erscheint, da meist nur 2 Hauptgeleise ohne jegliche Abzweigung von Nebengeleisen vorhanden sind.

Die Bahnen dienen, wie oben bereits erwähnt wurde, vorzugsweise dem Personenverkehr. Die ersten Züge werden Morgens gegen 6 Uhr abgelassen und ist schon gegen 8 Uhr der volle Betrieb auf allen Linien entfaltet. Derselbe dauert ununterbrochen bis 12 Uhr Nachts. Um einen Einblick in die Grofsartigkeit des Betriebes zu gewinnen, ist in Nachstehendem eine Zusammenstellung der in der Richtung von Moorgate nach Mansion House Morgens zwischen 9 und 10 Uhr verkehrenden Personenzüge gegeben, wie dieselben im September 1874 fahrplanmäfsig fuhren.

**1. Züge der unterirdischen Bahnen.**

a. Durchgehende Züge von Moorgate über Kensington nach Mansion House.

Abfahrt von Moorgate:

9. $9_{10}$. $9_{20}$. $9_{30}$. $9_{40}$. $9_{50}$. 10.

b. Züge von Hammersmith-South Kensington-Mansion House.

Abfahrt von Hammersmith:

$9_{30}$. $9_{42}$. 10. $10_{12}$.

Der Zug $10_{12}$ ist mit in die Berechnung gezogen, weil er noch vor dem um $9_{50}$ von Moorgate abgehenden Zuge in Mansion House ankommt.

**2. Züge der Great Western railway.**

a. Durchgehende Züge von Moorgate-Bishopsroad-Westbourne park-Kensington-Mansion House.

Abfahrt von Moorgate:

$9_{5}$. $9_{35}$.

b. Züge von Moorgate-Bishopsroad-Westbourne-park-Hammersmith resp. Richmond.

Abfahrt von Moorgate:

$9_{15}$. $9_{25}$. $9_{46}$. $9_{55}$.

**3. Züge der Midland railway.**

Moorgate-St. Pancras-Bedford.

Abfahrt von Moorgate:

$9_{1}$. $9_{7}$. $9_{26}$. $9_{38}$. $9_{54}$.

**4. Züge der London-Chatam and Dower railway.**

a. Züge von Moorgate-Adlersgate-Ludgate Hill-Clapham.

Abfahrt von Moorgate:

$9_{3}$. $9_{12}$. $9_{17}$. $9_{29}$. $9_{49}$. $9_{56}$.

b. Verbindungszüge zwischen der London-Chatam and Dower railway und der Great Northern (Kings crofs) und der Midland railway (Kentish town) via Farrington-Kings crofs.

Abfahrt von Farrington:

$9_{38}$. $9_{54}$.

**5. Züge der South Western railway.**

Richmond-Kensington-Mansion House.

Abfahrt von Kensington.

$9_{24}$. $9_{44}$.

**6. Züge der London North Western railway.**

Willesden-Kensington-Mansion House.

Abfahrt von Willesden:

$9_{43}$. $10_{13}$.

Der Zug $10_{13}$ ist aus dem ad 1 bereits angegebenen Grunde mit aufgeführt.

Es fahren demnach Morgens zwischen 9 und 10 Uhr 24 Züge von der Station Moorgate aus, und zwar:

7 Züge der unterirdischen Bahnen,
6 - - Great Western railway,
5 - - Midland railway,
6 - - London Chatam and Dower railway.

Nach der Abfahrtszeit geordnet, folgen diese Züge sich in Intervallen von oft nur 1 Minute, wie die nachstehende Zusammenstellung zeigt:

$9_{0}$ unterirdische Bahn,
$9_{1}$ Midland railway,
$9_{3}$ London Chatam railway,
$9_{5}$ Great Western railway,
$9_{7}$ Midland railway,
$9_{10}$ unterirdische Bahn,
$9_{12}$ London Chatam railway,
$9_{15}$ Great Western railway,
$9_{17}$ London Chatam railway,
$9_{20}$ unterirdische Bahn,
$9_{23}$ Midland railway,
$9_{25}$ Great Western railway,
$9_{29}$ London Chatam railway,
$9_{30}$ unterirdische Bahn,
$9_{35}$ Great Western railway,
$9_{38}$ Midland railway,
$9_{40}$ unterirdische Bahn,
$9_{46}$ Great Western railway,
$9_{49}$ London Chatam railway,
$9_{50}$ unterirdische Bahn,
$9_{54}$ Midland railway,
$9_{55}$ Great Western railway,
$9_{56}$ London Chatam railway,
10 unterirdische Bahn.

Aufser diesen 24 Zügen benutzen in gleicher Zeit und in gleicher Richtung noch 10 Züge einzelne Theile der Bahn und zwar:

4 Züge der unterirdischen Bahn,
2 - - London-Chatam and Dower railway,
2 - - South Western railway,
2 - - London North Western railway.

Nicht mit eingerechnet sind hierin die Güterzüge, welche vielfach diese Bahn benutzen, da sie ein wichtiges Verbindungsglied der südlich und nördlich der Themse gelegenen Bahnen ist.

Wenn man erwägt, dafs in derselben Stunde in umgekehrter Richtung dieselbe Anzahl, also $24 + 10 = 34$ Züge die unterirdische Bahn benutzen, so kann man sich annähernd ein Bild des colossalen Betriebes machen.

Die Complicirtheit des Betriebes steigert sich dadurch gewaltig, dafs alle diese Züge nicht denselben Turnus machen, sondern dafs sie an verschiedenen Stellen die Bahn verlassen resp. in dieselbe einmünden und dabei sich in Fahrdistanzen von oft nur einer Minute folgen.

Ein solcher Betrieb ist nur möglich bei der strengsten Durchführung des Blocksystems in der angegebenen Fahrdistanz von 1 Minute.

Bei den Endstationen, sowie bei allen Abzweigungen von Linien sind Centralweichen- und Signalapparate in An-

wendung, d. h. die betreffenden Weichen sind mechanisch derart mit den Signalen verbunden, dafs nur bei richtiger Weichenstellung die richtigen Fahrsignale gegeben werden können. Die Weichen selbst lassen sich nur dann umstellen, wenn das Signal auf Halt steht; es können aufserdem niemals 2 collidirende Signale gegeben werden.

Bei der Fahrdistanz von 1 Minute ist es klar, dafs die Fahrzeiten pünktlich einzuhalten sind und dafs sowohl der Aufenthalt an der Station, als auch das Bremsen des Zuges nur eine geringe Zeit in Anspruch nehmen darf. Aus verschiedenen Beobachtungen kann ich constatiren, dafs der Zug durchschnittlich in 20 Secunden zum Stehen gebracht wurde; der Aufenthalt an der Station dauerte ebenfalls 20 Secunden und wiederum in 20 Secunden hatte der Zug sein Maximum der Geschwindigkeit erreicht.

Ein so exacter Betrieb ist nur da möglich, wo das Publicum für einen solchen Betrieb erzogen und herangebildet ist; aufserdem müssen selbstredend alle Einrichtungen für diesen Zweck passend und doch einfach sein. Die Stationen zeigen daher in der Regel folgende Gestaltung:

Die eigentliche Station ist meist unterirdisch und besteht aus 2 an der Aufsenseite der Geleise liegenden hohen Perrons mit Treppenanlagen für das ankommende und abreisende Publicum, während die Verwaltungsräume etc. meist zu ebener Erde liegen. Letztere bestehen aus einem Billetraume mit 3 Schaltern für die 3 Fahrklassen, welche an einem Flur liegen, den Jeder passiren mufs, um die zu den Perrons führenden Treppen zu erreichen. Das Publicum, welches zur Abfahrt den gegenüber liegenden Perron zu benutzen hat, gelangt mittelst einer Ueberführung zu der auf diesen Perron mündenden Treppe. Wartesäle und Restaurationen sind nicht immer vorhanden. Sind sie eingerichtet, so stehen sie meist auch dem nichtreisenden Publicum zur Verfügung. Waschzimmer, Retiraden und auch sonstige Verwaltungsräume sind je nach Bedürfnifs angeordnet. (NB. Retiraden befinden sich auch auf den unteren Perrons.) Alle diese Localitäten sind meist über den darunter liegenden Geleisen oder Perrons erbaut, welche durch eiserne Träger mit zwischen gespannten Gewölben derart abgedeckt sind, dafs an jeder beliebigen Stelle die erforderlichen Räume aufgebaut werden können. Diese Abdeckung ist über den Geleisen in einer Breite von etwa 5$^{m}$ und 50 — 60$^{m}$ lang offen, damit Luft und Licht zur unteren Station gelangen können.

Die untere Etage bildet die eigentliche Station. Zu beiden Seiten der Geleise sind hohe Perrons, meist von Holz, in einer Breite von 6$^{m}$ bis Mitte Geleise und von ca. 90$^{m}$ Länge eingebaut. Auf diese Perrons münden je 2 Treppen, von denen die eine in Verbindung mit der oberen Station steht, als Zugang zu den Perrons, während die andere nur als Abgang von der Station nach der in nächster Nähe liegenden Strafse führt. Sowohl am Eingang wie am Ausgang sind Beamte zur Controle der Billets postirt. An den Wänden, wie auch an den die Station erleuchtenden Gaslaternen, an Bänken und wo es nur angeht, sind die Namen der Station angeschrieben, so dafs man sich leicht orientiren kann. Wo ausreichender Platz geschaffen werden konnte, befinden sich die Geschäftslocalitäten seitlich von den Perrons angeordnet und sind die Stationen dann mit einer Glashalle überdacht.

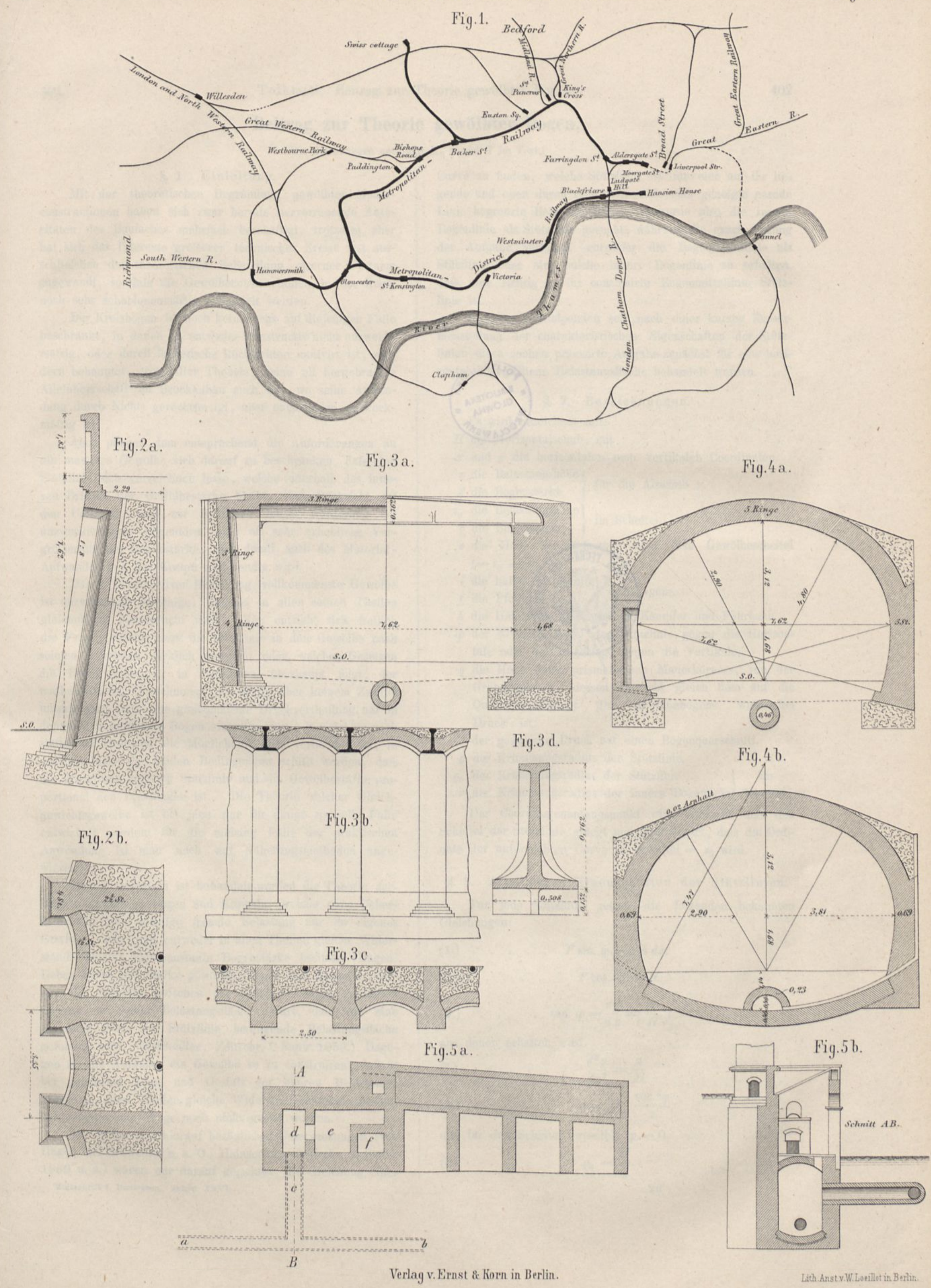
Hat der Reisende den für seine Richtung bestimmten Perron betreten, so begiebt er sich an den durch grofse Aufschriften für seine Wagenklasse bezeichneten Stand. Die Züge bestehen nämlich aus 6 bis 8 Wagen, die unwandelbar fest zusammengekuppelt sind, so dafs ihre Stellung im Zuge genau bekannt ist. Es ist deshalb durch Aufschriften an den Perrons der Stand der Wagenklassen, ob I., II. oder III. Klasse, bezeichnet, und stellen sich die Passagiere gleich richtig auf. Ohne jegliche Anmeldung durch Läuten (die telegraphische Meldung an den Stationsvorstand oder vielmehr an den Signalboxman ist hier nicht gemeint) fährt der Zug vor. Der einzige Aufsichtsbeamte des Zuges, der Zugführer, zugleich Schaffner, öffnet mit Hilfe des Stationsvorstehers sämmtliche Coupéethüren, wenn das Publicum dieses nicht schon selbst besorgt hat, da die Thüren nur einen Verschlufs haben, der vom Innern des Wagens ebenfalls zu öffnen ist. Bei den hohen Perrons geschieht das Ein- und Aussteigen mit unglaublicher Leichtigkeit und Schnelligkeit. Ohne jedes laute Zeichen zur Abfahrt — der Locomotivführer richtet sich nach der Uhr und dem von der vorliegenden Station zu gebenden Signal, während der Stationsvorsteher mit der Hand oder einer kleinen Fahne dem Locomotivführer ein Zeichen giebt — setzt sich der Zug wieder in Bewegung. Der Zugführer, der während des Aufenthaltes an der Station bis zum ersten Wagen vorgegangen ist, läfst den Zug an sich vorbeifahren, um die noch nicht geschlossenen Coupéethüren zu schliefsen und nimmt im letzten Coupée des Zuges — dem Dienstcoupée — Platz, um bei der nächsten Station in gleicher Weise thätig zu sein. Die Billets werden beim Verlassen des Perrons abgegeben.

Bei dieser Art der Controle ist allerdings die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dafs Jemand eine höhere Wagenklasse benutzt, als ihm sein Billet gestattet. Es finden deshalb nach Bedürfnifs aufsergewöhnliche Revisionen der Züge statt, und zwar Revisionen einzelner Coupées, indem ein Beamter mitfährt und während der Fahrt die Billets der in diesem Coupée Mitreisenden revidirt; oder aber die Züge halten vor der Station und werden sämmtliche Billets revidirt. Ein Defraudant wird sehr hart bestraft. In den meisten Fällen kann er sich nicht mit Geld losmachen, sondern erhält Gefängnifs und wird sein Name nicht allein durch die Zeitungen bekannt gemacht, sondern auch auf grofsen Plakaten an den Stationen ausgestellt, so dafs er seinen Ruf als Gentleman vollständig einbüfst.

Eine weitere Ausdehnung haben die unterirdischen Bahnen mittlerweile dadurch erhalten, dafs die Great-Eastern railway von ihrer Station Liverpoolstreet aus einen Anschlufs an die frühere Endstation Moorgate ausgebaut hat, und dafs somit auch Züge dieser grofsen und weit verzweigten Bahn auf den Linien der unterirdischen Bahnen verkehren. In Figur 1 ist dieser Anschlufs punktirt gezeichnet. Es ist beabsichtigt, diese neue Linie weiter zu führen bis an den alten Themsetunnel, und so eine neue directe Verbindung der auf dem rechten Themseufer gelegenen Bahnen mit den unterirdischen Bahnen herzustellen.

Frankfurt a/M., im März 1876.

Alfred Hottenrott.




Verlag v. Ernst & Korn in Berlin.
Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin.

# Beitrag zur Theorie gewölbter Bogen.

(Mit Zeichnungen auf Blatt R, S und T im Text.)

## §. 1. Einleitung.

Mit der theoretischen Begründung gewölbter Mauerconstructionen haben sich zwar bereits hervorragende Autoritäten des Baufaches mehrfach beschäftigt, trotzdem aber hat sich das Interesse gröfserer technischer Kreise fast ausschliefslich der theoretischen Behandlung eiserner Systeme zugewandt, so dafs die Gewölbeconstructionen in der Regel noch sehr schablonenmäfsig behandelt werden.

Der Kreisbogen ist noch keineswegs auf diejenigen Fälle beschränkt, in denen er entweder constructiv nicht unzweckmäfsig, oder durch ästhetische Rücksichten motivirt ist, sondern behauptet, trotz aller Theorie, seine alt hergebrachte Alleinherrschaft im Brückenbau auch da, wo seine Anwendung durch Nichts gerechtfertigt, aber entschieden unzweckmäfsig ist.

Auch pflegen dem entsprechend die Anforderungen an ein massives Gewölbe sich darauf zu beschränken, dafs eine Stützlinie sich verzeichnen lasse, welche innerhalb des inneren Drittels der Gewölbestärke bleibt, ohne Rücksicht auf den Umstand, dafs zur Erfüllung dieser Forderung bei unzweckmäfsiger Bogenform eine oft sehr erhebliche Vergröfserung der Bogenstärke, und damit auch des Material-Aufwandes und der Kosten nothwendig wird.

Das in constructiver Beziehung vollkommenste Gewölbe ist unzweifelhaft dasjenige, welches in allen seinen Theilen gleichmäfsig beansprucht wird. Nun entzieht sich freilich die Frage, welche Lage die Stützlinie in dem Gewölbe nach seinem Ausrüsten wirklich annimmt oder welchen Gesetzen die Druckvertheilung in demselben überhaupt folgt, der mathematischen Berechnung. Es dürfte aber keinem Zweifel unterliegen, dafs eine gleichmäfsige Druckvertheilung nur in demjenigen gewölbten Bogen eintreten kann, in welchem nach statischen Gesetzen die Möglichkeit dazu vorhanden ist, in welchem also die beiden Bedingungen erfüllt werden, dafs die Mittellinie zugleich Stützlinie und die Gewölbestärke proportional den Pressungen ist. Die Theorie solcher Gleichgewichtsgewölbe ist bis jetzt nur für einige specielle Fälle entwickelt worden; für die meisten Fälle der praktischen Anwendung ist man noch auf Näherungsmethoden angewiesen.

Streng analytisch ist behandelt worden die Theorie derjenigen gewölbten Bogen und Kuppeln, welche ohne Uebermauerung oder sonstige fremde Belastung nur ihr eigenes Gewicht tragen und entweder in allen Theilen gleiche Widerstandsfähigkeit oder constante Bogenstärke besitzen (Hagen: Ueber Form und Stärke gewölbter Bogen und Kuppeln); ferner die Relation zwischen der Stützlinie eines gewölbten Bogens und seiner Belastungsfläche derart, dafs die eine gegebene Form der Stützlinie bedingende Belastungsfläche gefunden wird. (Schwedler, Zeitschr. f. Bauw. 1859.) Dagegen ist die Aufgabe, ein Gewölbe so zu construiren, dafs es bei gegebener Lage und Gestalt der oberen Belastungsgrenze in allen Theilen gleiche Widerstandsfähigkeit besitzt, auf analytischem Wege noch nicht gelöst worden.

Die bisherigen hierauf bezüglichen Untersuchungen (von Hagen und Schwedler a. a. O., Heinzerling, Zeitschr. f. Bauw. 1869 u. a.) waren nur darauf gerichtet, die Gleichung einer Curve zu finden, welche Stützlinie ist für eine auf ihr liegende und oben durch eine horizontale oder geneigte gerade Linie begrenzte Belastungsfläche, es wurde also die innere Bogenlinie als Stützlinie gesucht, während die exacte Lösung der Aufgabe verlangt, entweder die Bogenmittellinie als Stützlinie oder eine solche innere Bogenlinie zu erhalten, dafs eine richtig zu ihr construirte Bogenmittellinie Stützlinie ist.

In dem Nachfolgenden soll nach einer kurzen Zusammenstellung der charakteristischen Eigenschaften der Stützlinien diese soeben präcisirte Aufgabe zunächst für eine horizontal abgeglichene Belastungsfläche behandelt werden.

## §. 2. Bezeichnungen.

Es wird bezeichnet mit:

$H$ der Horizontalschub; mit

$x$ und $y$ die horizontalen resp. vertikalen Coordinaten.

$z$ die Belastungshöhe, $d$ die Bogenstärke } für die Abscisse $x$.

$z_0$ die Belastungshöhe, $c$ die Bogenstärke } im Scheitel.

$e$ die Höhe der Belastung über dem Gewölbscheitel ($= z_0 - c$).

$l$ die halbe Spannweite, $f$ die Pfeilhöhe } des Bogens.

$h$ die Höhendifferenz zwischen Kämpfer und Fahrbahn.

$\varphi$ der Neigungswinkel der Stützlinie gegen die Horizontale oder der Lagerfuge gegen die Vertikale.

$q$ die Höhe eines prismatischen Mauerkörpers, von der Grundfläche 1, dessen Gewicht gleich dem auf die Querschnittseinheit des Gewölbebogens wirkenden Druck ist.

$T$ der gesammte Druck auf einen Bogenquerschnitt.

$\varrho$ der Krümmungsradius der Stützlinie.

$\varrho_0$ der Krümmungsradius der Stützlinie, $r$ der Krümmungsradius der innern Bogenlinie } im Scheitel.

Der Coordinatenanfangspunkt wird lothrecht über den Scheitel der Stützlinie gelegt und zwar derart, dafs die Ordinate der untersuchten Curve im Scheitel $= z_0$ wird.

## §. 3. Allgemeine Eigenschaften der Stützlinien.

Für jede Stützlinie gelten die folgenden bekannten Gleichungen:

$$(1.) \quad T \sin. \varphi = \int_0^x z\,dx.$$

$$(2.) \quad T \cos. \varphi = H$$

$$(3.) \quad \tan. \varphi = \frac{dy}{dx} = \frac{1}{H} \int_0^x z\,dx$$

aus denen erhalten wird

$$(I.) \quad \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{z}{H}$$

$$(4.) \quad \varrho = H \cdot \frac{\sec.^3 \varphi}{z}$$

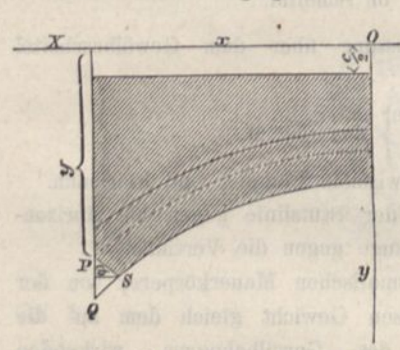
und für den Scheitel, woselbst $\varphi = 0$,

$$(5) \quad \varrho_0 = \frac{H}{z_0}.$$

Diese Relationen bilden die Grundlage für alle Untersuchungen über Stützlinien, insbesondere wird durch die Gleichung I die allgemeinste Form jeder Stützlinie gegeben. Aus den Gleichungen 1 bis 5 geht hervor, dafs die Belastungsfläche, oder einzelne Theile derselben beliebig in vertikaler Richtung verschoben werden dürfen, ohne dafs die Stützlinie sich ändert. Ist daher die obere Begrenzung der Belastung nicht an ein bestimmtes Gesetz gebunden, oder kann ihr Zusammenhang durch Anordnung hohler Räume unterbrochen werden, so ist man folglich im Stande, eine solche lothrechte Verschiebung der Belastungsfläche vorzunehmen, dafs der Gewölbebogen oberhalb und unterhalb der Stützlinie gleiche Masse erhält, diese also Mittellinie des Gewölbes wird. Zu jeder gegebenen Form der Stützlinie kann in solchem Falle die Belastungsfläche nach Gleichung 4 als Function von $\varrho$ und $\varphi$ erhalten werden.

(Weiteres hierüber siehe Schwedler, Theorie der Stützlinie, Zeitschr. f. Bauw. 1859, Heinzerling, die Bauwage etc., Zeitschr. f. Bauw. 1869 und Analytisch graph. Constr. der Brückengewölbe, Zeitschr. f. Bauw. 1872.)

### §. 4. Mittellinie des Gewölbes als Stützlinie bei horizontal abgeglichener Belastungsfläche.




Für einen Vertikalschnitt im Abstande $x$ vom Anfangspunkte ist die Ordinate der Belastungsfläche nach beistehender Figur

$$z = y - \frac{c}{2} + \text{P.Q.}$$

Um $PQ$ zu finden, ist zu beachten, dafs nach Gleichung 2 die Pressung im Bogen $T = H.\ \sec.\ \varphi$ ist, dafs daher die Gewölbestärke

$$(6.) \quad \dots\dots \quad d = c \sec.\ \varphi$$

sein mufs. Ferner ist Winkel $PSQ$ nur sehr wenig von einem Rechten verschieden, man hat also unter Vernachlässigung sehr kleiner Gröfsen

$$PQ = PS \cdot \sec.\ \varphi = \frac{c}{2} \sec.\ ^2\varphi$$

und es wird folglich

$$z = y - \frac{c}{2} + \frac{c}{2} \sec.\ ^2\varphi = y + \frac{c}{2} \tan.\ ^2\varphi$$

oder

$$(7.) \quad \dots\dots \quad z = y + \frac{c}{2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2.$$

Durch Einsetzung dieses Werthes in Gleichung I erhält man

$$(\text{II.}) \quad \dots\dots \quad \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y}{H} + \frac{c}{2\,H}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2.$$

Dies ist eine Differentialgleichung 2ter Ordnung, welche in endlicher Form nicht integrirt werden kann; jedoch läfst sich ein erstes Integral in Form eines geschlossenen analytischen Ausdruckes erhalten.

Zur weiteren Behandlung ist es vortheilhaft, einige Substitutionen vorzunehmen, um eine Constante verschwinden zu lassen.

Man setze

$$(8.) \quad \dots\dots \quad \begin{cases} v = \dfrac{y}{z_0} \\ u = \dfrac{x}{\sqrt{H}} \end{cases}$$

$$(9.)^{*)} \quad \dots\dots \quad \varepsilon = \frac{c.\,z_0}{H}.$$

Alsdann wird

$$(11.) \quad \dots\dots \quad \frac{dy}{dx} = \frac{z_0}{\sqrt{H}} \cdot \frac{dv}{du}$$

$$(12.) \quad \dots\dots \quad \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{z_0}{H}\,,\frac{d^2v}{du^2}$$

und die Gleichung II verwandelt sich in

$$(\text{III.}) \quad \dots\dots \quad \frac{d^2v}{du^2} = v + \frac{\varepsilon}{2}\left(\frac{dv}{du}\right)^2.$$

Durch Multiplication mit $2\,dv$ geht dieselbe über in

$$(13.) \quad \dots \quad d.\left(\frac{dv}{du}\right)^2 = 2v\,dv + \varepsilon\left(\frac{dv}{du}\right)^2 dv$$

woraus durch Integration

$$(14.) \quad \dots \quad \left(\frac{dv}{du}\right)^2 = C + v^2 + \varepsilon \int\left(\frac{dv}{du}\right)^2 dv.$$

Die Integration durch Theile aber giebt

$$\int\left(\frac{dv}{du}\right)^2 dv = v.\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \int v\, d \cdot \left(\frac{dv}{du}\right)^2$$

und wenn man für $d.\left(\frac{dv}{du}\right)^2$ seinen Werth aus Gleichung (13) einsetzt.

$$(15.) \quad \int\left(\frac{dv}{du}\right)^2 \cdot dv = v\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \frac{2}{3}v^3 - \varepsilon\int v\left(\frac{dv}{du}\right)^2 dv.$$

In gleicher Weise erhält man durch theilweise Integration und jedesmalige Anwendung der Gleichung 13.

$$\int v\left(\frac{dv}{du}\right)^2 \cdot dv = \frac{v^2}{2}\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \frac{2}{2\cdot 4}v^4 - \frac{\varepsilon}{2}\int v^2\left(\frac{dv}{du}\right)^2 dv$$

$$\int v^2\left(\frac{dv}{du}\right)^2 \cdot dv = \frac{v^3}{3}\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \frac{2\cdot v^5}{3\cdot 5} - \frac{\varepsilon}{3}\int v^3\left(\frac{dv}{du}\right)^2 dv$$

$$\int v^n\left(\frac{dv}{du}\right)^2 dv = \frac{v^{n+1}}{v+1}\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \frac{2\cdot v^{n+3}}{(n+1)\cdot(n+3)} - \frac{\varepsilon}{n+1}\int v^{n+1}\left(\frac{dv}{du}\right)^2 \cdot dv$$

und wenn man diese Ausdrücke in Gleichung (14) einsetzt, so erhält man schliefslich

$$(16.) \quad \dots \quad \left(\frac{dv}{du}\right)^2 = C + v^2 + \varepsilon\left[v\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \frac{2}{1\cdot 3}v^3\right] - \varepsilon^2\left[\frac{v^2}{2}\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \frac{2\cdot v^4}{2\cdot 4}\right] + \frac{\varepsilon^3}{1\cdot 2}\left[\frac{v^3}{3}\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \frac{2\cdot v^5}{3\cdot 5}\right] - \frac{\varepsilon^4}{1\cdot 2\cdot 3}\left[\frac{v^4}{4}\left(\frac{dv}{du}\right)^2 - \frac{2\cdot v^6}{4\cdot 6}\right] + \dots\dots$$

oder in anderer Form

---

*) Nach Gleichung (5) ist $H = \varrho_0\, z_0$, also ist

$$(9^{a}.) \quad \dots\dots \quad \varepsilon = \frac{c}{\varrho_0}.$$

Ferner ist vermöge der gewählten Bezeichnungen $H = c.q$ und daher auch

$$(9^{b}.) \quad \dots\dots \quad \varepsilon = \frac{z_0}{q}.$$

Aus beiden Werthen folgt die wichtige und allgemein giltige Proportion

$$(10.) \quad \dots\dots \quad c : z_0 = \varrho_0 : q.$$

$$(17.)\quad \left(\frac{dv}{du}\right)^2\left[1-\varepsilon v+\frac{(\varepsilon\cdot v)^2}{1\cdot 2}-\frac{(\varepsilon\cdot v)^3}{1\cdot 2\cdot 3}+\cdots\right]$$
$$=C+v^2-\frac{2}{\varepsilon^2}\left[2\cdot\frac{(\varepsilon\cdot v)^3}{1\cdot 2\cdot 3}-3\cdot\frac{(\varepsilon\cdot v)^4}{1\cdot 2\cdot 3\cdot 4}+4\,\frac{(\varepsilon\cdot v)^5}{5!}\cdot\cdot\right]$$

Die Reihe auf der linken Seite ist bekannt, denn man hat

$$(18.)\quad 1-\varepsilon v+\frac{(\varepsilon\cdot v)^2}{1\cdot 2}-\frac{(\varepsilon\cdot v)^3}{1\cdot 2\cdot 3}+\cdot\cdot = e^{(-\varepsilon v)}$$

Um die Reihe auf der rechten Seite der Gleichung (17.) zu summiren, setze man

$$s=2\cdot\frac{(\varepsilon\cdot v)^3}{3!}-3\cdot\frac{(\varepsilon\cdot v)^4}{4!}+4\cdot\frac{(\varepsilon\cdot v)^5}{5!}\cdot\cdot$$

Die Differentiation giebt

$$\frac{ds}{\varepsilon\, dv}=2\cdot 3\,\frac{(\varepsilon\cdot v)^2}{3!}-3\cdot 4\,\frac{(\varepsilon v)^3}{4!}+4\cdot 5\,\frac{(\varepsilon v)^4}{5!}\cdots$$

und man erhält weiter

$$\frac{1}{\varepsilon\cdot v}\cdot\frac{ds}{\varepsilon\cdot dv}=\varepsilon v-\frac{(\varepsilon v)^2}{2!}+\frac{(\varepsilon v)^3}{3!}-\frac{(\varepsilon v)^4}{4!}+\cdots=1-e^{-\varepsilon v}$$

also

$$ds=\varepsilon^2 v\,(1-e^{-\varepsilon v})\,dv$$
$$s=\frac{\varepsilon^2 v^2}{2}+e^{-\varepsilon v}(1+\varepsilon v)+\text{Constante}.$$

Für $\varepsilon v = 0$ mufs $s = 0$ werden, es ist also die Constante $= -1$ und folglich

$$(19.)\quad s=\frac{(\varepsilon v)^2}{2}+e^{-\varepsilon v}(1+\varepsilon v)-1$$

hiernach erhält die Gleichung (14) die Form

$$\left(\frac{dv}{du}\right)^2=e^{\varepsilon v}\left[C-\frac{2}{\varepsilon^2}\left\{(1+\varepsilon v)\,e^{-\varepsilon v}-1\right\}\right]$$

oder

$$(20.)\quad \left(\frac{dv}{du}\right)^2=\frac{2}{\varepsilon^2}\left[\left(1+C\cdot\frac{\varepsilon^2}{2}\right)e^{\varepsilon v}-(1+\varepsilon v)\right].$$

Da das Coordinatensystem so gewählt worden ist, dafs die Ordinate des Scheitels $= z_0$ ist und dieser in der $y$-Axe liegt, so hat man für $u = o$ die gleichzeitigen Werthe

$$v=1 \text{ und } \frac{dv}{du}=0$$

hiernach ist die Constante zu bestimmen.

Man erhält also

$$\left(1+C\,\frac{\varepsilon^2}{2}\right)e^{\varepsilon}-(1+\varepsilon)=0$$

und folglich

$$(21.)\quad \left(\frac{dv}{du}\right)^2=\frac{2}{\varepsilon^2}\left[(1+\varepsilon)\,e^{\varepsilon(v-1)}-(1+\varepsilon v)\right]$$

oder

$$(IV.)\quad \frac{dv}{du}=\frac{\sqrt{2}}{\varepsilon}\sqrt{(1+\varepsilon)\,e^{\varepsilon(v-1)}-(1+\varepsilon v)}.$$

Dies ist das erste Integral der Differentialgleichung III. In Verbindung mit den Gleichungen (3) und (11) wird dadurch die Tangente der gesuchten Stützlinie als Function der Ordinate gegeben und es kann daher auch nach Gleichung (6) die Bogenstärke für jeden Punkt des Gewölbes erhalten werden.

Zur Erleichterung dieser Rechnung ist die nachfolgende Tabelle berechnet worden, welche die Werthe $\frac{dv}{du}$ nach Gleichung IV als Function von $v$ und $\varepsilon$ enthält.

Wird Gleichung (21) nach steigenden Potenzen von $\varepsilon$ entwickelt, so erhält man

$$(22.)\quad \left(\frac{dv}{du}\right)^2=2\left[\frac{(v-1)(v+1)}{1\cdot 2}+\frac{(v-1)^2(v+2)\varepsilon}{1\cdot 2\cdot 3}\cdot\cdot+\frac{(v-1)^{n+1}(v+n+1)}{(n+2)!}\,\varepsilon^n\right]$$

oder auch

$$(23.)\quad \left(\frac{dv}{du}\right)^2=(v^2-1)\left[1+\frac{2}{v+1}\left\{(v+2)\,\frac{(v-1)\varepsilon}{3!}+(v+3)\,\frac{(v-1)^2\varepsilon^2}{4!}+\cdots+(v+n+1)\,\frac{(v-1)^n\cdot\varepsilon^n}{(n+2)!}\right\}\right]$$

Die Reihe rechts convergirt stets, und zwar sehr schnell für kleine Werthe von $\varepsilon$; der Ausdruck in der eckigen Klammer ist $= 1$ für $v = 1$ und für $(v-1)\,\varepsilon = 0$, er wächst nur sehr langsam mit $v$ und bleibt bis zu demjenigen Punkte, in welchem die innere Bogenlinie vertikal ist, wie

Tabelle I.

| $v =$ | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,25 | 1,30 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varepsilon =$ 0 | 0,32 | 0,46 | 0,57 | 0,66 | 0,75 | 0,83 | 0,91 | 0,98 | 1,05 | 1,12 |
| 0,05 | 0,32 | 0,46 | 0,57 | 0,66 | 0,75 | 0,83 | 0,91 | 0,98 | 1,06 | 1,12 |
| 0,10 | 0,32 | 0,46 | 0,57 | 0,66 | 0,75 | 0,84 | 0,92 | 0,99 | 1,06 | 1,13 |
| 0,15 | 0,32 | 0,46 | 0,57 | 0,67 | 0,76 | 0,84 | 0,92 | 0,99 | 1,07 | 1,14 |
| 0,20 | 0,32 | 0,46 | 0,57 | 0,67 | 0,76 | 0,84 | 0,92 | 1,00 | 1,07 | 1,14 |

| $v =$ | 1,60 | 1,70 | 1,80 | 1,90 | 2,0 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varepsilon =$ 0 | 1,25 | 1,38 | 1,50 | 1,62 | 1,73 | 1,96 | 2,18 | 2,40 | 2,61 | 2,83 |
| 0,05 | 1,26 | 1,39 | 1,51 | 1,63 | 1,75 | 1,98 | 2,21 | 2,44 | 2,66 | 2,89 |
| 0,10 | 1,27 | 1,40 | 1,53 | 1,65 | 1,77 | 2,01 | 2,24 | 2,48 | 2,72 | 2,96 |
| 0,15 | 1,29 | 1,41 | 1,54 | 1,66 | 1,79 | 2,04 | 2,28 | 2,52 | 2,77 | 3,02 |
| 0,20 | 1,30 | 1,42 | 1,56 | 1,68 | 1,81 | 2,07 | 2,32 | 2,58 | 2,82 | 3,08 |

| $v =$ | 3,2 | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varepsilon =$ 0 | 3,04 | 3,25 | 3,46 | 3,67 | 3,87 | 4,08 | 4,29 | 4,49 | 4,69 | 4,90 |
| 0,05 | 3,11 | 3,34 | 3,56 | 3,78 | 3,99 | 4,22 | 4,43 | 4,65 | 4,87 | 5,10 |
| 0,10 | 3,18 | 3,42 | 3,65 | 3,89 | 4,12 | 4,36 | 4,59 | 4,83 | 5,07 | 5,32 |
| 0,15 | 3,26 | 3,51 | 3,75 | 4,00 | 4,25 | 4,54 | 4,76 | 5,01 | 5,27 | 5,54 |
| 0,20 | 3,34 | 3,60 | 3,86 | 4,13 | 4,39 | 4,67 | 4,94 | 5,21 | 5,49 | 5,78 |

| $v =$ | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 10,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varepsilon =$ 0 | 5,41 | 5,92 | 6,42 | 6,93 | 7,43 | 7,94 | 8,44 | 8,94 | 9,45 | 9,95 |
| 0,05 | 5,65 | 6,21 | 6,78 | 7,43 | 7,92 | 8,48 | 9,07 | 9,65 | 10,24 | 10,84 |
| 0,10 | 5,92 | 6,53 | 7,15 | 7,79 | 8,44 | 9,10 | 9,78 | 10,47 | 11,17 | 11,88 |
| 0,15 | 6,21 | 6,89 | 7,59 | 8,31 | 9,05 | 9,79 | | | | |
| 0,20 | 6,51 | 7,27 | | | | | | | | |

| $v =$ | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\varepsilon =$ 0 | 10,95 | 11,96 | 12,96 | 13,96 | 14,97 | 15,97 | 16,97 | 17,97 | 18,97 | 19,98 |
| 0,05 | 12,05 | 13,27 | 14,52 | 15,78 | 17,06 | 18,36 | 19,69 | 21,03 | 22,40 | 23,85 |
| 0,10 | 13,34 | | | | | | | | | |

weiter unten in §. 6 bewiesen wird, kleiner als $1_{,5}$. Für $\varepsilon = 0$ wird $\left(\frac{dv}{du}\right)^2 = v^2 - 1$, es reducirt sich also die Gleichung IV alsdann auf

$$(24.)\quad \frac{dv}{du}=\sqrt{v^2-1},$$

wie es auch sein mufs, da in diesem Falle die ursprüngliche Gleichung, deren Integral sie ist, übergeht in

$$\frac{d^2 v}{du^2} = v.$$

Nach Gleichung IV erhält man weiter

$$(25.)\ .\quad u = C + \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} \int \frac{dv}{\sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}}.$$

Die Constante ist so zu bestimmen, dafs $u = 0$ wird für $v = 1$, es wird daher

$$(\text{V.})\ .\ .\quad u = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} \int_1^v \frac{dv}{\sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}}$$

und es ist mithin $u$ in Form eines bestimmten Integrals gegeben, welches zwar in endlicher Form nicht erhalten werden kann, zu dessen numerischer Berechnung aber zwei Wege offen stehen, nämlich einmal die Reihenentwickelung der Function unter dem Integralzeichen und die Integration der einzelnen Glieder dieser Reihe, zweitens die numerische Berechnung von $\frac{dv}{du}$ nach Gleichung IV oder (23) und die Anwendung einer der bekannten Summationsformeln zur Berechnung der Werthe bestimmter Integrale. Behufs der Reihenentwickelung setze man

$$(26.)\quad F(\varepsilon) = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}}$$

so ist nach der Maclaurin'schen Reihe

$$(27.)\quad F(\varepsilon) = F(0) + \varepsilon F'(0) + \frac{\varepsilon^2}{1 \cdot 2} F''(0) + \cdots$$

Um die Differentialquotienten

$$F^n(0) \text{ d. i. } \frac{d^n F(\varepsilon)}{d\varepsilon^n} \text{ für } \varepsilon = 0$$

zu erhalten, betrachte man zunächst die Reihe

$$(28.)\quad \left(\frac{dv}{du}\right)^2 = f(\varepsilon) = 2\, \frac{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}{\varepsilon^2}$$

deren Entwickelung nach steigenden Potenzen von $\varepsilon$ bereits durch Gleichung (22) gegeben ist, nach welcher man hat

$$(29.)\ .\ .\quad f^n(0) = \frac{2 \cdot (v-1)^{n+1}\, (v+n+1)}{(n+1)\,(n+2)}.$$

Nun ist

$$(30.)\ .\ .\ .\ .\quad F(\varepsilon) = [f(\varepsilon)]^{-1/2}.$$

Daher auch

$$(31.)\ .\ .\ .\quad F^n(\varepsilon) = \frac{d^n [f(\varepsilon)]^{-1/2}}{d\varepsilon^n}.$$

Durch successive Differentiation wird erhalten, wenn noch zur Abkürzung $f(\varepsilon) = t$ gesetzt wird:

$$F'(\varepsilon) = t^{-1/2}\left[-\tfrac{1}{2}\,\frac{t'}{t}\right]$$

$$F''(\varepsilon) = t^{-1/2}\left[\frac{1 \cdot 3}{2^2}\left(\frac{t'}{t}\right)^2 - \tfrac{1}{2}\,\frac{t''}{t}\right]$$

$$F'''(\varepsilon) = t^{-1/2}\left[-\frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2^3}\left(\frac{t'}{t}\right)^3 + 3 \cdot \frac{1 \cdot 3}{2^2}\,\frac{t' \cdot t''}{t^2} - \tfrac{1}{2}\,\frac{t'''}{t}\right]$$

$$F''''(\varepsilon) = t^{-1/2}\left[\frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{2^4}\left(\frac{t'}{t}\right)^4 - 6 \cdot \frac{1 \cdot 3 \cdot 5}{2^3}\,\frac{t'^2 \cdot t''}{t^3} + 4 \cdot \frac{1 \cdot 3}{2^2}\,\frac{t''^2}{t^2} - \tfrac{1}{2}\,\frac{t'''}{t}\right]$$

. . . . . . .

worin das Gesetz leicht zu erkennen ist.

Setzt man in diese Gleichungen für $t, t', t'' \cdots t^n$ die Werthe ein, welche sie für $\varepsilon = 0$ nach Gleichung (29) annehmen, so erhält man

$$F(0),\ F'(0) \cdot \cdot F^n(0)$$

und wenn diese Operationen ausgeführt werden, so wird schliefslich

$$(33.)\quad F(\varepsilon) = \frac{1}{\sqrt{v^2-1}}\left[1 - \tfrac{1}{6}\,\frac{(v-1)(v+2)}{v+1}\,\varepsilon + \frac{1}{12}\left(\frac{v-1}{v+1}\right)^2 \varepsilon^2 + \cdots\right]$$

Die unbestimmte Integration ergiebt

$$(34.)\ .\ .\ .\quad \int F(\varepsilon)\, dv = \ln\left(v + \sqrt{v^2-1}\right)$$
$$- \frac{\varepsilon}{6}\left[v + \frac{3}{1+v+\sqrt{v^2-1}} - \frac{1}{(v+\sqrt{v^2-1})(1+v+\sqrt{v^2-1})}\right]$$
$$+ \frac{\varepsilon^2}{24}\left[\ln(v+\sqrt{v^2-1}) + \frac{8}{1+v+\sqrt{v^2-1}} - \frac{8}{(1+v+\sqrt{v^2-1})^2} + \frac{16}{3}\left(\frac{1}{1+v+\sqrt{v^2-1}}\right)^3\right]$$
$$+ \cdots\cdots$$

also erhält man durch Integration zwischen den Grenzen $v$ und 1

$$(35.)\quad u = \ln\left(v + \sqrt{+^2-1}\right) - \frac{\varepsilon}{6}\left[v - 2 + \frac{3}{1+v+\sqrt{v^2-1}} - \frac{1}{(v+\sqrt{v^2-1})(1+v+\sqrt{v^2-1})}\right]$$
$$+ \frac{\varepsilon^2}{24}\left[\ln \cdot (v+\sqrt{v^2-1}) - \frac{8}{3} + \frac{8}{1+v+\sqrt{v^2-1}} - \frac{8}{(1+v+\sqrt{v^2-1})^2} + \frac{16}{3}\,\frac{1}{(1+v+\sqrt{v^2-1})^3}\right]$$

. . . . . .

Der Coefficient $\varepsilon$, d. i. nach Gleichung 9[a] das Verhältnifs $\frac{c}{\varrho_0}$ ist in allen vorkommenden Gewölben nur ein kleiner ächter Bruch (höchstens etwa $= 1/_5$), es können daher, da die Reihe 23 für kleine Werthe von $\varepsilon$ sehr schnell convergirt, die mit höheren Potenzen von $\varepsilon$ multiplicirten Glieder von nur geringem Einflufse auf das Resultat sein, die Entwickelung der Gleichung 35 bis auf 3 Glieder wird meistens genügen, ja in der Regel erreicht man schon mit der Näherungsformel

$$(36.)\quad u = \ln\left(v + \sqrt{v^2-1}\right) - \frac{(v-1)(2v-1)}{6 \cdot (2v+1)}\,\varepsilon$$

besonders für flache (gedrückte) Bögen einen sehr hohen Grad von Genauigkeit. In solchen Fällen aber, wo die Genauigkeit dieser Formel nicht genügt, berechnet man am bequemsten $\frac{dv}{du}$ nach Gleichung IV, und darauf

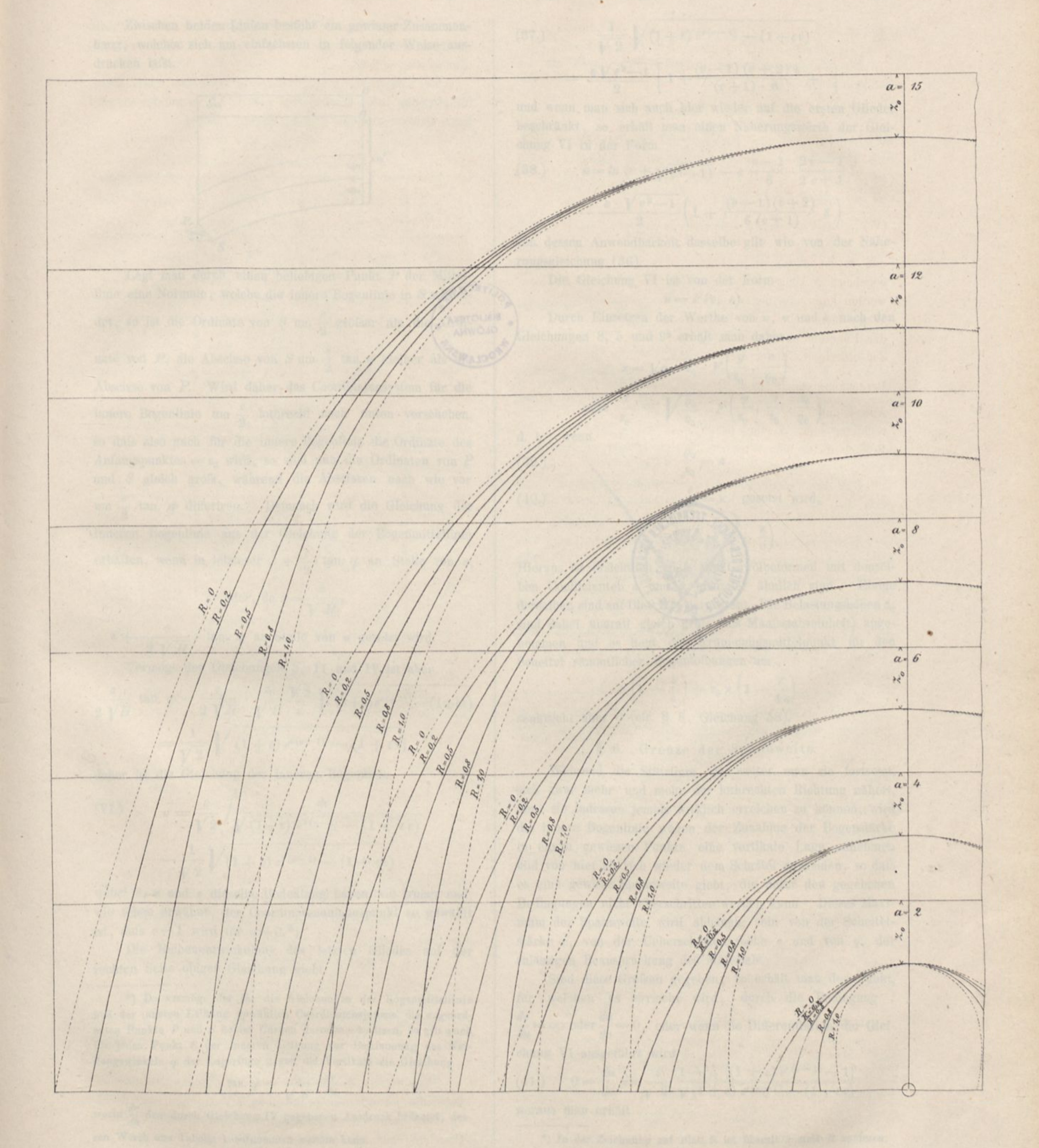
$$u = \int_1^v \frac{1}{\frac{dv}{du}} \cdot dv$$

nach der Simpson'schen Formel.

### §. 5. Gleichung der inneren Bogenlinie.

Wichtiger als die Gleichung der Bogenmittellinie als Stützlinie ist für die praktischen Anwendungen die Kenntnifs der zugehörigen inneren Bogenlinie, weshalb deren Gleichung nunmehr entwickelt werden soll.

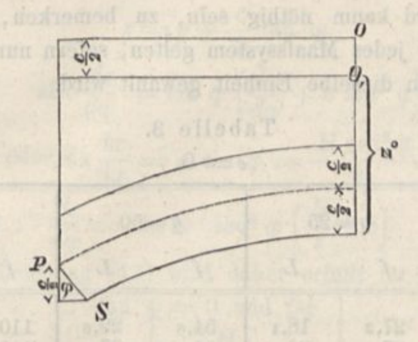
# Zur Theorie gewölbter Bogen.




Verlag v. Ernst & Korn in Berlin.

Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin.

Zwischen beiden Linien besteht ein gewisser Zusammenhang, welcher sich am einfachsten in folgender Weise ausdrücken läfst.




Legt man durch einen beliebigen Punkt $P$ der Mittellinie eine Normale, welche die innere Bogenlinie in $S$ schneidet, so ist die Ordinate von $S$ um $\frac{c}{2}$ gröfser als die Ordinate von $P$, die Abscisse von $S$ um $\frac{c}{2}$ tan. $\varphi$ kleiner als die Abscisse von $P$. Wird daher das Coordinatensystem für die innere Bogenlinie um $\frac{c}{2}$ lothrecht nach unten verschoben, so dafs also auch für die innere Bogenlinie die Ordinate des Anfangspunktes $= z_0$ wird, so sind nun die Ordinaten von $P$ und $S$ gleich grofs, während die Abscissen nach wie vor um $\frac{c}{2}$ tan. $\varphi$ differiren. Demnach wird die Gleichung der inneren Bogenlinie aus der Gleichung der Bogenmittellinie erhalten, wenn in letzterer $x + \frac{c}{2}$ tan. $\varphi$ an Stelle von $x$,

oder, da $u = \frac{x}{\sqrt{H}}$,

$u + \frac{c}{2\sqrt{H}} \cdot$ tan. $\varphi$ an Stelle von $u$ gesetzt wird.

Vermöge der Gleichungen 3, 11 und IV ist aber

$$\frac{c}{2\sqrt{H}} \text{ tan. } \varphi = \frac{c}{2\sqrt{H}} \cdot \frac{z_0}{\sqrt{H}} \frac{\sqrt{2}}{\cdot\, \varepsilon} \sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}$$

daher ist die Gleichung der inneren Bogenlinie

$$\text{(VI.)} \quad u = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} \int_1^v \frac{dv}{\sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}$$

wobei $\varepsilon$, $u$ und $v$ dieselbe Bedeutung haben wie früher und, wie schon erwähnt, der Coordinatenanfangspunkt so gewählt ist, dafs $v = 1$ wird für $u = 0$.*)

Die Reihenentwickelung des letzten Gliedes auf der rechten Seite obiger Gleichung giebt

$$(37.) \quad \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)} = \frac{\varepsilon\sqrt{v^2-1}}{2}\left[1 + \frac{(v-1)(v+2)\,\varepsilon}{(v+1)\cdot 6} + \cdot\right]$$

und wenn man sich auch hier wieder auf die ersten Glieder beschränkt, so erhält man einen Näherungswerth der Gleichung VI in der Form

$$(38.) \quad u = ln\,(v + \sqrt{v^2-1}) - \varepsilon\, \frac{v-1}{6} \cdot \frac{2v-1}{2v+1} - \frac{\varepsilon \cdot \sqrt{v^2-1}}{2}\left(1 + \frac{(v-1)(v+2)}{6\,(v+1)}\,\varepsilon\right)$$

von dessen Anwendbarkeit dasselbe gilt wie von der Näherungsgleichung (36).

Die Gleichung VI ist von der Form

$$u = F(v,\, \varepsilon).$$

Durch Einsetzen der Werthe von $u$, $v$ und $\varepsilon$ nach den Gleichungen 8, 5 und 9[a] erhält man daher

$$x = \sqrt{\varrho_0 \cdot z_0} \cdot F\left(\frac{y}{z_0},\, \frac{c}{\varrho_0}\right)$$

$$\text{oder } \frac{x}{z_0} = \sqrt{\frac{\varrho_0}{z_0}} \cdot F\left(\frac{y}{z_0},\, \frac{c}{z_0} \cdot \frac{z_0}{\varrho_0}\right),$$

d. h., wenn

$$(39.) \ldots\ldots\ldots \frac{\varrho_0}{z_0} = a$$

$$(40.) \ldots\ldots\ldots \frac{c}{z_0} = \varkappa \text{ gesetzt wird,}$$

$$\frac{x}{z_0} = \sqrt{a} \cdot F\left(\frac{y}{z_0},\, \frac{\varkappa}{a}\right)$$

Hieraus ist ersichtlich, dafs die Gewölbeformen mit denselben Coefficienten $a$ und $\varkappa$ einander ähnlich sind. Einige derselben sind auf Blatt R*) dargestellt. Die Belastungshöhen $z_0$ sind dabei überall gleich grofs (als Maafsstabseinheit) angenommen und es liegt der Krümmungsmittelpunkt für den Scheitel sämmtlicher Bogenleibungen um

$$c\left(1 - \frac{\varepsilon}{4}\right) = z_0\, \varkappa \left(1 - \frac{\varkappa}{4\,a}\right)$$

senkrecht über 0 (cfr. §. 8, Gleichung 58).

## §. 6. Grenze der Spannweite.

Während die Stützlinie, je weiter man sie fortsetzt, sich zwar mehr und mehr der lothrechten Richtung nähert, ohne sie indessen jemals wirklich erreichen zu können, wird die innere Bogenlinie wegen der Zunahme der Bogenstärke in einem gewissen Punkte eine vertikale Lage annehmen und von hier ab sich wieder dem Scheitel zuwenden, so dafs es eine gewisse Spannweite giebt, die unter den gegebenen Bedingungen nicht überschritten werden kann. Dieses Maximum der Spannweite wird abhängig sein von der Scheitelstärke $c$, von der Ueberschüttungshöhe $e$ und von $q$, der zulässigen Beanspruchung des Materials.

Sind diese Gröfsen gegeben, so erhält man den Punkt, für welchen es erreicht wird, durch die Bedingung $\frac{dv}{du} = \infty$ oder $\frac{du}{dv} = 0$, oder wenn die Differentiation der Gleichung VI ausgeführt wird

$$(41.) \quad 0 = \frac{du}{dv} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}} \frac{1 - {}^1\!/_2 \left\{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - 1\right\}}{\sqrt{(1+\varepsilon)\, e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}}$$

woraus man erhält

*) Da vermöge der für die Gleichungen der Bogenmittellinie und der inneren Leibung gewählten Coordinatensysteme die zugeordneten Punkte $P$ und $S$ beider Curven dasselbe $v$ besitzen, so gilt auch für jeden Punkt $S$ der inneren Leibung zur Bestimmung des Neigungswinkels $\varphi$ der Lagerfuge gegen die Vertikale die Gleichung

$$\text{tan. } \varphi = \frac{z_0}{\sqrt{H}} \cdot \frac{dv}{du}$$

worin $\frac{dv}{du}$ den durch Gleichung IV gegebenen Ausdruck bedeutet, dessen Werth aus Tabelle 1 entnommen werden kann.

*) In der Zeichnung auf Blatt R ist überall $x$ statt $R$ zu lesen.

(42.)*) . . . . . $v - 1 = \frac{1}{\varepsilon}\, ln \frac{3}{1+\varepsilon}$.

Die Maximalspannweite $L$ ergiebt sich darauf aus der Bedingung

$$\frac{{}^1\!/_2\, L}{\sqrt{H}} = u \text{ max.}$$

wo $u$ max. = dem nach Gleichung VI für das obige $v$ erhaltene Werth von $u$. Da $H = cq$ ist, so ist folglich

(43.) . . . . . $L = 2\sqrt{c \cdot q} \cdot u\,\text{max.}$

und die zugehörige Pfeilhöhe

$$f = z_0\,(v - 1) = \frac{z_0}{\varepsilon}\, ln \frac{3}{1+\varepsilon}$$

oder da $z_0 = q \cdot \varepsilon$ ist,

(44.) . . . . . $f = q \cdot ln \frac{3}{1+\varepsilon}$.

Wie die Gleichung (43) lehrt, ist $L$ bei gegebenem Material abhängig von dem Producte $\sqrt{c} \cdot u\,\text{max.}$; es wächst also nicht ohne Grenze mit der Bogenstärke, und stets langsamer als $\sqrt{c}$, da mit $c$ auch $z_0$ wächst und für ein gröfseres $\varepsilon = \frac{z_0}{q}$ das max. von $u$ sich vermindert. Dagegen wächst $L$ beständig mit $q$ bei constantem $c$ und $z_0$ und zwar schneller als $\sqrt{q}$, da gleichzeitig mit $q$ (bei kleiner werdendem $\varepsilon$) auch $u$ max. wächst.

Das für constantes $q$ und $c$ vorhandene absolute Maximum von $L$ wird am einfachsten durch einige Versuchsrechnungen, für verschiedene Werthe von $c$, gefunden.

Einige solcher Maximalwerthe sind in den nachfolgenden kleinen Tabellen zusammengestellt, von denen Tabelle Nr. 2 die für mehrere Werthe von $\varepsilon$ nach Gl. (42) erhaltenen $v - 1$ und die zugehörigen Werthe von $\frac{dv}{du}$ und $u$ enthält, während in den Tabellen Nr. 3 und 4 diejenigen für verschiedene Scheitelstärken und Materialien möglichen Maximalspannweiten $L$ nebst den zugehörigen Pfeilhöhen $f$ angegeben sind, die sich ergeben, wenn entweder $e = 0$ also $z_0 = c$ oder $e = 1{,}0$, also $z_0 = c + 1$ ist.

Es wird kaum nöthig sein, zu bemerken, dafs diese Tabellen für jedes Maafssystem gelten, sofern nur für sämmtliche Gröfsen dieselbe Einheit gewählt wird.

Tabelle 2.

| $\varepsilon$ | 0,005 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v-1$ | 218,72 | 108,87 | 53,94 | 35,64 | 26,48 | 20,00 | 17,34 | 14,73 |
| $\frac{dv}{du}$ | 268,53 | 134,25 | 67,12 | 44,75 | 33,55 | 26,84 | 22,36 | 19,16 |
| $u$ max. | 5,233 | 4,542 | 3,852 | 3,450 | 3,165 | 2,947 | 2,766 | 2,617 |

| $\varepsilon$ | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,20 | 0,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v-1$ | 12,77 | 11,25 | 10,03 | 8,21 | 6,39 | 4,58 | 1,39 |
| $\frac{dv}{du}$ | 16,74 | 14,89 | 13,39 | 11,15 | 8,90 | 6,65 | 2,54 |
| $u$ max. | 2,486 | 2,372 | 2,269 | 2,096 | 1,885 | 1,611 | 0,805 |

Tabelle 3.

$e = 0$.

| $c$ | $q=25$ | | $q=50$ | | $q=100$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $f$ | $L$ | $f$ | $L$ | $f$ | $L$ |
| 0,125 | 27,3 | 18,4 | 54,8 | 29,6 | 110,4 | 46,7 |
| 0,25 | 27,2 | 22,7 | 54,7 | 37,0 | 110,0 | 59,3 |
| 0,50 | 27,0 | 27,1 | 54,4 | 45,4 | 109,4 | 74,0 |
| 0,75 | 26,7 | 29,8 | 54,2 | 51,0 | 109,2 | 84,2 |
| 1,00 | 26,5 | 31,6 | 53,9 | 54,5 | 108,9 | 90,8 |
| 1,5 | 26,0 | 34,0 | 53,5 | 59,8 | 108,4 | 102,0 |
| 2,0 | 25,5 | 35,1 | 53,0 | 63,3 | 107,9 | 108,9 |
| 3,0 | 24,6 | 36,3 | 52,0 | 67,8 | 106,9 | 119,4 |
| 4,0 | 23,7 | 36,5 | 51,1 | 70,4 | 105,9 | 126,6 |
| 5,0 | 22,9 | 36,0 | 50,1 | 71,7 | 105,0 | 131,8 |

Tabelle 4.

$e = 1{,}0$.

| $c$ | $q=25$ | | $q=50$ | | $q=100$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $f$ | $L$ | $f$ | $L$ | $f$ | $L$ |
| 0,125 | 26,4 | 11,8 | 53,8 | 18,6 | 108,8 | 31,5 |
| 0,25 | 26,2 | 14,8 | 53,7 | 25,6 | 108,6 | 43,5 |
| 0,50 | 26,0 | 19,5 | 53,5 | 34,5 | 108,4 | 59,0 |
| 0,75 | 25,8 | 22,6 | 53,2 | 40,2 | 108,2 | 69,3 |
| 1,00 | 25,5 | 24,9 | 53,0 | 44,8 | 107,9 | 77,0 |
| 1,50 | 25,1 | 27,8 | 52,5 | 51,0 | 107,4 | 89,2 |
| 2,0 | 24,6 | 29,6 | 52,0 | 55,3 | 106,9 | 97,5 |
| 3,0 | 23,7 | 31,6 | 51,1 | 61,0 | 105,9 | 109,4 |
| 4,0 | 22,9 | 32,2 | 50,1 | 64,2 | 105,0 | 117,9 |
| 5,0 | 22,0 | 32,4 | 49,2 | 66,2 | 104,0 | 123,5 |

### §. 7. Krümmungsradien der Bogenmittellinie.

Da die Mittellinie des Bogens zugleich Stützlinie ist, so gilt für sie die Gleichung (4)

$$\varrho = H\,\frac{\sec^3 \varphi}{z},$$

man erhält also unter Anwendung der Gleichungen (7) bis (11)

(47.) . . . $\varrho = \dfrac{H}{z_0}\,\dfrac{\left[1 + \left(\dfrac{z_0}{\sqrt{H}}\dfrac{dv}{du}\right)^2\right]^{3/2}}{v + \dfrac{\varepsilon}{2}\left(\dfrac{dv}{du}\right)^2}$.

$\frac{dv}{du}$ ist durch Gleichung IV gegeben, es kann mithin der Krümmungsradius für jeden Punkt der Bogenmittellinie berechnet werden.

Durch Differentiation von (47) nach $\varphi$ erhält man

$$\frac{d\varrho}{d\varphi} = H\left[\frac{3\sec^3\varphi \tan\varphi}{z} - \frac{\sec^3\varphi}{z^2}\,\frac{dz}{d\varphi}\right]$$

und in Verbindung mit Gleichung (4).

(48.) . . . $\dfrac{d\varrho}{d\varphi} = \varrho\left[3\tan\varphi - \dfrac{1}{z}\left(\dfrac{dz}{d\varphi}\right)\right]$.

Dies ist der allgemeine Ausdruck für den Krümmungsradius der Evolute jeder Stützlinie.

Derselbe wird = 0, d. h. die Evolute hat eine Spitze und $\varrho$ wird ein max. oder min., wenn

*) Wird in Gleichung (21) für $v$ sein Werth aus Gleichung (42) eingesetzt, so erhält man

$$\left(\frac{dv}{du}\right)^2 = \frac{2}{\varepsilon^2}\left[2 - \varepsilon - ln\frac{3}{1+\varepsilon}\right].$$

Für dasselbe $v$ ist aber

$$v^2 - 1 = \frac{2}{\varepsilon^2}\left[\varepsilon\, ln\frac{3}{1+\varepsilon} + {}^1\!/_2\left(ln\frac{3}{1+\varepsilon}\right)^2\right]$$

also

(45.) . . . $\left(\dfrac{dv}{du}\right)^2 = (v^2 - 1)\,\dfrac{2 - \varepsilon - ln\dfrac{3}{1+\varepsilon}}{ln\dfrac{3}{1+\varepsilon}\left(\varepsilon + {}^1\!/_2\, ln\dfrac{3}{1+\varepsilon}\right)}$

und folglich, wie sich leicht ergiebt, stets

(46.) . . . . . . $\left(\dfrac{dv}{du}\right)^2 < (v^2 - 1) \cdot 1{,}5$

wie schon oben erwähnt wurde.

(49.) . . . . . $\frac{dz}{d\varphi} = 3\,z \tan\varphi$ ist.

Im vorliegenden Falle ist

$$z = y + \frac{c}{2}\tan.\varphi$$

$$\text{also } \frac{dz}{d\varphi} = \tan\varphi\left(\frac{dx}{d\varphi} + c\sec^2\varphi\right)$$

$$\text{oder, da } \frac{dx}{d\varphi} = \varrho\cos\varphi = \frac{H\sec^2\varphi}{z},$$

(50.) . . . $\frac{dz}{d\varphi} = \tan\varphi\cdot\sec^2\varphi\left(\frac{H}{z} + c\right)$.

Die Gleichung (49) wird daher erfüllt für

(51.) . . . . $\tan\varphi = 0$ und für

(52.) . . . $3z - \sec^2\varphi\left(\frac{H}{z} + c\right) = 0.$

In letzterem Falle ist $\varrho$ stets ein Minimum, für $\tan\varphi = 0$ dagegen ein Maximum, so lange

$$3z_0 - \left(\frac{H}{z_0} + c\right) < 0,$$

und ein Minimum, wenn

$$3z_0 - \left(\frac{H}{z_0} + c\right) \gtreqq 0.$$

Der Widerspruch, welcher darin zu liegen scheint, dafs im letzteren Falle 2 Minimalwerthe auf einander folgen, wird dadurch gelöst, dafs die Gleichung (52) imaginär wird, wenn

$$3z_0 - \left(\frac{H}{z_0} + c\right) > 0,$$

und beide Werthe zusammenfallen, wenn

$$3z_0 - \left(\frac{H}{z_0} + c\right) = 0$$

ist, d. h. wenn man hat

$$H = z_0\,(3z_0 - c)$$

oder, vermöge $H = \varrho_0 \cdot z_0$, wenn

$$\frac{\varrho_0}{z_0} + \frac{c}{z_0} = 3.$$

Es ist daher der Krümmungsradius im Scheitel $\varrho_0$ stets ein Maximum oder Minimum, und zwar ein Minimum, wenn

(53.) . . . . $H > z_0\,(3z_0 - c)$ oder

$$\frac{\varrho_0}{z_0} + \frac{c}{z_0} > 3$$

und ein Minimum, wenn

(54.) . . . . $H \leqq z_0\,(3z_0 - c)$ oder

$$\frac{\varrho_0}{z_0} + \frac{c}{z_0} \leqq 3.$$

## §. 8. Krümmungsradius der inneren Bogenlinie im Scheitel.

Aus der Gleichung der inneren Bogenlinie

$$u = \frac{\varepsilon}{\sqrt{2}}\int_1^v \frac{dv}{\sqrt{(1+\varepsilon)\,e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}} - \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{(1+\varepsilon)\,e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}$$

erhält man durch Differentiation

(55.) $\frac{dv}{du} = \frac{2\sqrt{2}}{\varepsilon}\cdot\frac{\sqrt{(1+\varepsilon)\,e^{\varepsilon(v-1)} - (1+\varepsilon v)}}{3 - (1+\varepsilon)\,e^{\varepsilon(v-1)}}$

Bildet man noch den 2ten Differentialquotienten und setzt in den erhaltenen Ausdrücken $v = 1$, so ergiebt sich für den Scheitel

$$\frac{dv}{du} = 0 \text{ und } \frac{d^2v}{du^2} = \frac{1}{(1 - \varepsilon/_2)^2}$$

also auch $\frac{dy}{dx} = 0$ und $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{z_0^{\,2}}{H}\cdot\frac{1}{(1 - \varepsilon/_2)^2}$.

Daher ist der Krümmungsradius der inneren Bogenlinie im Scheitel

(56.) . . . . . $r = \frac{H}{z_0}\left(1 - \frac{\varepsilon}{2}\right)^2$

Nach Gleichung 5 ist

$$\varrho_0 = \frac{H}{z_0}$$

also wird

(57.) . . . $\varrho_0 - r = \frac{H}{z_0}\,\varepsilon\left(1 - \frac{\varepsilon}{4}\right)$

oder, da $\frac{H\cdot\varepsilon}{z_0} = c$ ist,

(58.) . . . . $\varrho_0 = r + c\left(1 - \frac{\varepsilon}{4}\right)$

Die Gleichung 56 kann mit Rücksicht darauf, dafs $H = cq$ und $\varepsilon = \frac{z_0}{q}$ ist, auf die Form

(59.) . . . . $\frac{r}{c} = \frac{(1 - \varepsilon/_2)^2}{\varepsilon}$

gebracht werden, wobei hier wie immer unter $q$ in dem Ausdrucke für $\varepsilon$ derjenige Werth zu verstehen ist, welcher der wirklich in dem Bogen stattfindenden, resp. derjenigen Pressung entspricht, welche man in dem Gewölbe will eintreten lassen.

Diese Gleichung giebt eine bequeme Relation zwischen $r$ und $c$, mittelst welcher bei gegebenem $q$ und $\varepsilon$ in einfachster Weise $r$ als Funktion von $c$ erhalten wird. Auch $c$ kann für gegebene $r$ als Wurzel der kubischen Gleichung

(60) . . . $\frac{r}{c}\cdot\frac{c + e}{\left(1 - \frac{c + e}{2q}\right)^2} - q = 0$

direct ermittelt werden, einfacher ist es aber, in diesem Falle die indirecte Lösung mittelst einiger Versuchsrechnungen anzuwenden.

Die Werthe von $\frac{r}{c}$ und $\frac{\varrho_0 - r}{c}$ nach den Gleichungen 58 und 59 sind für gegebene $\varepsilon$ in der folgenden Tabelle Nr, 5 enthalten. Tabelle Nr. 6 giebt sodann noch $\frac{r}{c}$ für gegebene Werthe von $z_0$ und $q$.

Tabelle 5.

| $\varepsilon =$ | 0,005 | 0,01 | 0,015 | 0,02 | 0,025 | 0,03 | 0,035 | 0,04 | 0,045 | 0,05 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{r}{c}$ | 199 | 99 | 65,7 | 49,00 | 39,01 | 32,34 | 27,58 | 24,01 | 21,23 | 19,01 |
| $\frac{\varrho_0 - r}{c}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 (für 0,025 bis 0,05) | | | | | |

| $\varepsilon =$ | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{r}{c}$ | 15,68 | 13,30 | 11,52 | 10,13 | 9,02 | 7,36 | 5,70 | 4,05 | 2,40 | 1,60 | 1,12 |
| $\frac{\varrho_0 - r}{c}$ | 0,98 (für 0,06 bis 0,10) | | | | | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,93 | 0,90 | 0,88 |

Tabelle 6.

| q | $z_0 =$ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,0 | 2,25 | 2,50 | 2,75 |
| 100 | 399 | 199 | 132,3 | 99,0 | 79,0 | 65,7 | 56,1 | 49,0 | 44,4 | 39,0 | 35,4 |
| 90 | 359 | 179 | 119,0 | 89,0 | 71,0 | 59,0 | 50,4 | 44,0 | 39,0 | 35,0 | 31,7 |
| 80 | 319 | 159 | 105,6 | 79,0 | 63,0 | 52,3 | 44,7 | 39,0 | 34,5 | 31,0 | 28,0 |
| 70 | 279 | 139 | 92,3 | 69,0 | 55,0 | 47,7 | 39,0 | 34,0 | 30,1 | 27,0 | 24,4 |
| 60 | 239 | 119 | 79,0 | 59,0 | 47,0 | 39,0 | 33,3 | 29,0 | 25,6 | 23,0 | 20,8 |
| 50 | 199,0 | 99,0 | 65,7 | 49,0 | 39,0 | 32,3 | 27,5 | 24,0 | 21,2 | 19,0 | 17,2 |
| 40 | 159,0 | 79,0 | 52,3 | 39,0 | 31,0 | 25,7 | 21,8 | 19,0 | 16,8 | 15,0 | 13,5 |
| 30 | 119,0 | 59,0 | 39,0 | 29,0 | 23,0 | 19,0 | 16,3 | 14,0 | 12,3 | 11,0 | 9,9 |
| 20 | 79,0 | 39,0 | 25,7 | 19,0 | 15,0 | 12,3 | 10,4 | 9,0 | 7,9 | 7,0 | 6,3 |
| 10 | 39,0 | 19,0 | 12,3 | 9,0 | 7,0 | 5,7 | 4,7 | 4,0 | 3,5 | 3,1 | 2,7 |

| q | $z_0 =$ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 15 | 20 |
| 100 | 32,3 | 27,6 | 24,0 | 21,2 | 19,0 | 15,7 | 13,3 | 11,5 | 10,1 | 9,0 | 5,7 | 4,0 |
| 90 | 29,0 | 24,7 | 21,5 | 19,0 | 17,0 | 14,0 | 11,9 | 10,3 | 9,0 | 8,0 | 5,0 | 3,6 |
| 80 | 25,7 | 21,8 | 19,0 | 16,8 | 15,0 | 12,3 | 10,5 | 9,0 | 7,9 | 7,0 | 4,4 | 3,1 |
| 70 | 22,3 | 19,0 | 16,5 | 14,5 | 13,0 | 10,7 | 9,0 | 7,8 | 6,8 | 6,0 | 3,7 | 2,6 |
| 60 | 19,0 | 16,1 | 14,0 | 12,3 | 11,0 | 9,0 | 7,6 | 6,5 | 5,7 | 5,0 | 3,1 | 2,1 |
| 50 | 15,7 | 13,3 | 11,5 | 10,1 | 9,0 | 7,4 | 6,2 | 5,3 | 4,6 | 4,0 | 2,4 | 1,6 |
| 40 | 12,3 | 10,4 | 9,0 | 7,9 | 7,0 | 5,7 | 4,8 | 4,1 | 3,5 | 3,1 | 1,8 | 1,1 |
| 30 | 9,0 | 7,6 | 6,5 | 5,7 | 5,0 | 4,0 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,1 | 1,1 | |
| 20 | 5,7 | 4,8 | 4,0 | 3,5 | 3,1 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 1,3 | 1,1 | | |
| 10 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 1,3 | 1,1 | | | | | | | |

Man ersieht daraus einmal, wie unzweckmäfsig es ist, bei grofsem $z_0$, also sowohl für Brücken unter hohen Dämmen, als für schwer belastete Gurtbögen, ein Material von geringer Festigkeit zu verwenden, denn schon bei $\varepsilon = 0{,}_{20}$ wird die Scheitelstärke des Bogens $= r/_4$ und bei $\varepsilon = 0{,}_{536}$ wird sogar $c = r$, die Scheitelstärke gleich dem Radius der inneren Leibung. Sodann geht auch aus der Tabelle 5 hervor, dafs für alle praktischen Anwendungen mit grofser Annäherung $\frac{\varrho_0 - r}{c} = 1$, also

$$(61.) \quad \varrho_0 = r + c$$

gesetzt werden kann. In Bezug auf die Giltigkeit der Gleichungen 56 bis 61 ist zu bemerken, dafs dieselben zwar nicht eine solche Allgemeinheit besitzen, wie die Gleichungen des §. 2, da sie nur für den hier zu Grunde liegenden Fall einer horizontal abgeglichenen Belastung entwickelt worden sind. Weil jedoch dieses Belastungsgesetz in der Nähe des Scheitels immer sehr nahe erfüllt zu werden pflegt, so besitzen sie in der That eine ziemlich unbeschränkte Anwendbarkeit und können wenigstens als Näherungswerthe in allen vorkommenden Fällen gebraucht werden.

## §. 9. Tabelle für die Gleichung der inneren Bogenlinie.

Die Gleichung VI, durch welche in Verbindung mit den Gleichungen 8 bis 10 die innere Bogenlinie der Gleichgewichtsbögen mit horizontal begrenzter Belastung ausgedrückt wird, ist für numerische Berechnungen sehr unbequem; ein Uebelstand, welcher besonders fühlbar wird, wenn es sich um Aufgaben handelt, die nicht auf directem Wege, sondern nur durch mehrfache Versuchsrechnungen gelöst werden können. Derartige Fälle sind aber gerade die am häufigsten vorkommenden und wichtigsten und es rechtfertigt sich daher die Aufstellung einer Tabelle, durch welche die mühsame Operation einer Berechnung jedes speciellen Werthes der Gleichung VI erspart wird.

Der Umstand, dafs nur eine Constante — $\varepsilon$ — in der Gleichung vorkommt, erleichtert die tabellarische Zusammenstellung ihrer Werthe.

Die Berechnung ist für 14 verschiedene Werthe von $\varepsilon$ durchgeführt, nämlich von 0 bis zu $0{,}_{10}$ in Intervallen von $0{,}_{01}$ und darauf noch für $\varepsilon = 0{,}_{12}$, $0{,}_{15}$ und $0{,}_{20}$.

Die Tabelle ist auf S. 417/418 mitgetheilt; sie reicht von $v = 1$ bis zu $v = 20$, resp. bis zu den durch Gleichung 42 gegebenen Werthen, für welche $u$ ein Maximum wird und reicht daher für alle Fälle praktischer Anwendung aus. Die Intervalle von $v$ sind nicht durchweg gleich grofs angenommen, sondern werden um so gröfser, je gröfser $v$ wird, entsprechend dem langsameren Wachsen von $u$.

Die letzte Horizontalreihe der Tabelle enthält die Werthe $\frac{\sqrt{v^2 - 1}}{u_0}$, wo unter $u_0$ die Werthe von $u$ für $\varepsilon = 0$ verstanden sind, und dient zur Gewichtsberechnung der Gewölbe. Nach Gleichung 3 ist nämlich der Inhalt der Belastungsfläche vom Scheitel bis zu der beliebigen Abscisse $x$

$$\int_0^x z \cdot dx = H \tan \varphi$$

$$\text{oder, da } \tan \varphi = \frac{z_0}{\sqrt{H}} \cdot \frac{dv}{du}$$

$$\text{und } \sqrt{H} = \frac{x}{u}$$

$$(62.) \quad \int_0^x z\,dx = \sqrt{H} \cdot z_0 \frac{dv}{du} = x \cdot z_0 \cdot \frac{\frac{dv}{du}}{u}$$

Offenbar wird man nun in Bezug auf die Gewichtsermittelung nur einen sehr geringen Fehler begehen, wenn man sich zu diesem Zwecke die innere Bogenlinie als Stützlinie (für $\varepsilon = 0$) construirt denkt. Alsdann aber ist nach Gleichung 24 $\frac{dv}{du} = \sqrt{v^2 = 1}$ und folglich

$$(63.) \quad \int_0^x z\,dx = z_0 \cdot x \cdot \frac{\sqrt{v^2 - 1}}{u_0}$$

also auch das Gewicht der ganzen Gewölbhälfte

$$(64.) \quad G = z_0 \cdot l \cdot \frac{\sqrt{v^2 - 1}}{u_0}$$

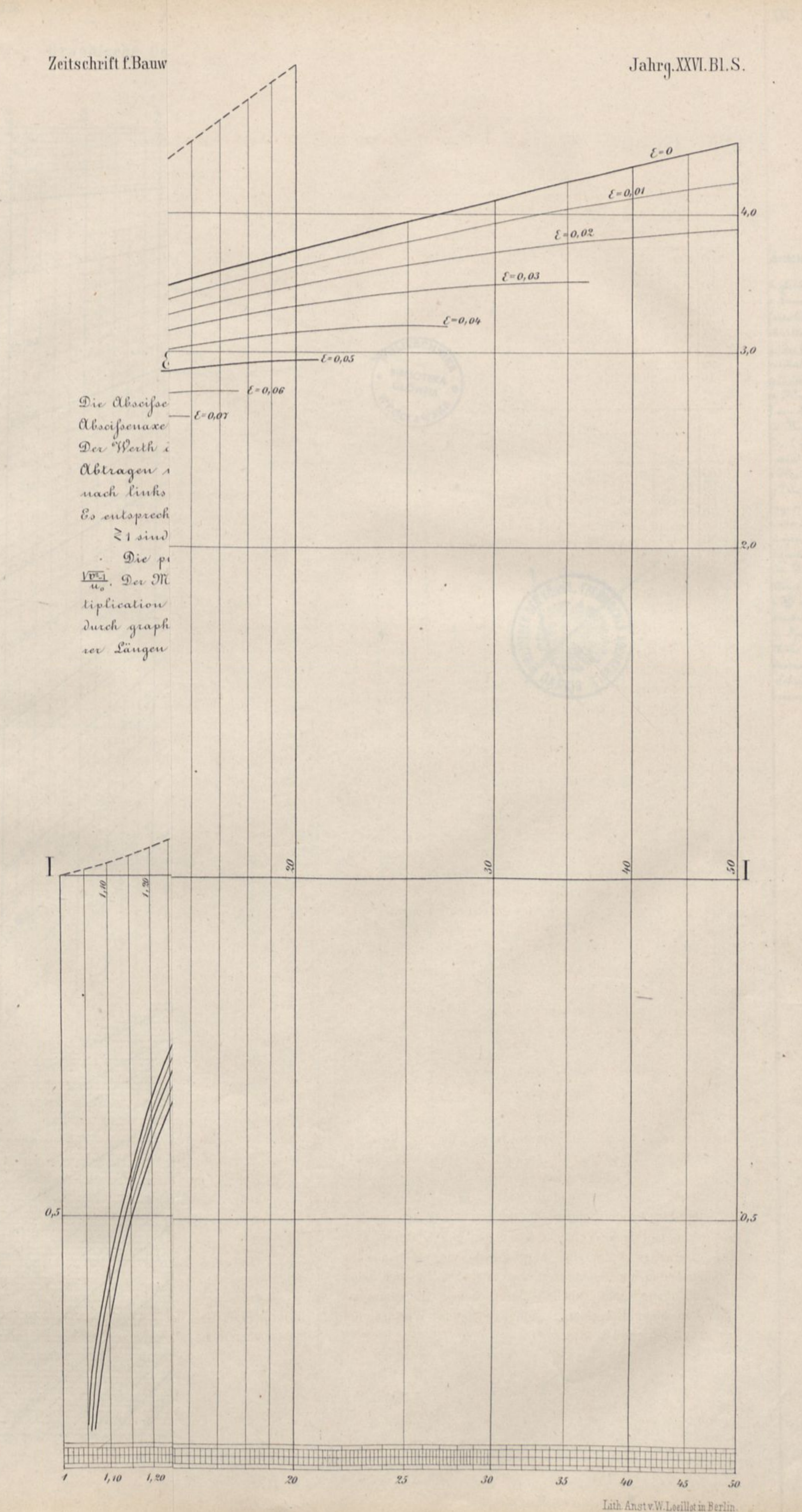
wobei selbstverständlich $v$ auf den Kämpfer zu beziehen, also $= \frac{h}{z_0}$ zu setzen ist.

## §. 10. Anwendungen.

Bei der Berechnung oder Untersuchung eines Gewölbes kommen 5 Gröfsen, nämlich $l$, $h$, $c$, $e$ und $q$ vorzugsweise in Betracht. Sind beliebige 4 derselben bekannt, so ist die 5te vermöge der Gleichung VI eine Function derselben und kann also entweder direct oder mittels einiger Versuchsrechnungen erhalten werden. Durch die 3 letzten dieser Gröfsen werden die in den Gewölbe-Gleichungen auftretenden Constanten, nämlich $z_0$, $H$ und $\varepsilon$, und damit diese Gleichungen selbst, unzweideutig bestimmt, denn alsdann hat man

$$z_0 = c + e$$
$$H = c \cdot q$$
$$\varepsilon = \frac{z_0}{q} = \frac{c + e}{q}$$

Durch Variation der 3 Bestimmungsstücke $c$, $e$ und $q$ werden also sämmtliche Bogenformen erhalten. Soll unter Auftreten


ε=0
ε=0,01
ε=0,02
ε=0,03
ε=0,04
ε=0,05
ε=0,06
ε=0,07
4,0
3,0
2,0
0,5
I
I
1,10
1,20
20
30
40
50
1
1,10
1,20
20
25
30
35
40
45
50
Die Abscisse
Abscissenaxe
Der Werth
Abtragen
nach links
Es entsprech
Z 1 sind
Die
Der M
tiplication
durch graph
rer Längen

# Zur Theorie gewölbter Bogen.

## Graphische Darstellung der Tabelle A.

### Erläuterungen.

Die Abscissen bedeuten $v$, die Ordinaten $u$.
Abscissenaxe ist die Linie I-I.
Der Werth der negativen Ordinaten wird durch Abtragen von Strich 10 des Maßstabes aus nach links und Division durch 10 erhalten. Es entsprechen also den Werthen von $v$, welche $\gtrless 1$ sind, positive resp. negative Ordinaten.

Die punktirte Curve giebt die Werthe von $\frac{\sqrt{v^2-1}}{u_0}$. Der Maßstab ist logarithmisch; die Multiplication und Division zweier Zahlen wird durch graphische Addition resp. Subtraction ihrer Längen ausgeführt.

$\varepsilon = 0$, $\varepsilon = 0{,}01$, $\varepsilon = 0{,}02$, $\varepsilon = 0{,}03$, $\varepsilon = 0{,}04$, $\varepsilon = 0{,}05$, $\varepsilon = 0{,}06$, $\varepsilon = 0{,}07$, $\varepsilon = 0{,}08$, $\varepsilon = 0{,}09$, $\varepsilon = 0{,}10$, $\varepsilon = 0{,}12$, $\varepsilon = 0{,}15$, $\varepsilon = 0{,}20$

I — I

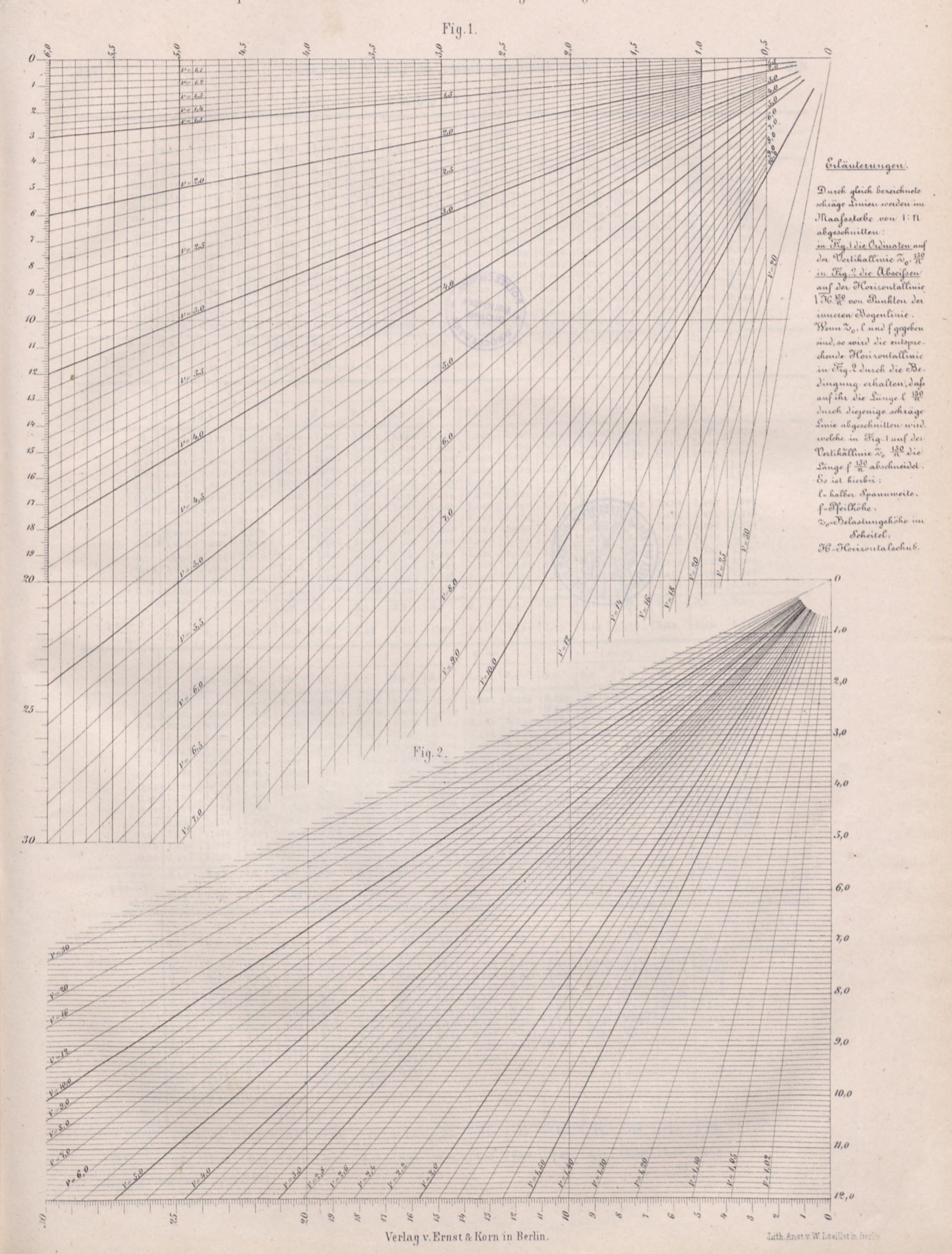
1, 1,10, 1,20, 1,30, 1,40, 1,50, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 6,0, 7,0, 8,0, 9,0, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50

0,5 — 2,0 — 3,0 — 4,0

Verlag v. Ernst & Korn in Berlin.
Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin.

# Zur Theorie gewölbter Bogen.

## Graphische Construction zur Verzeichnung der Bogenlinie für $\varepsilon = 0$.




Verlag v. Ernst & Korn in Berlin. Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin

**Tabelle A.**

| $\varepsilon$ | $v =$ 1,02 | 1,04 | 1,06 | 1,08 | 1,10 | 1,12 | 1,14 | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 1,25 | 1,30 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,200 | 0,282 | 0,344 | 0,397 | 0,443 | 0,485 | 0,523 | 0,558 | 0,591 | 0,623 | 0,693 | 0,757 | 0,814 | 0,867 | 0,916 | 0,962 |
| 0,01 | 0,199 | 0,280 | 0,343 | 0,395 | 0,441 | 0,482 | 0,520 | 0,555 | 0,588 | 0,619 | 0,689 | 0,753 | 0,809 | 0,862 | 0,910 | 0,956 |
| 0,02 | 0,198 | 0,279 | 0,341 | 0,393 | 0,438 | 0,480 | 0,518 | 0,552 | 0,585 | 0,615 | 0,685 | 0,748 | 0,804 | 0,857 | 0,905 | 0,950 |
| 0,03 | 0,197 | 0,277 | 0,340 | 0,391 | 0,436 | 0,477 | 0,515 | 0,549 | 0,581 | 0,612 | 0,681 | 0,743 | 0,800 | 0,851 | 0,899 | 0,944 |
| 0,04 | 0,196 | 0,276 | 0,338 | 0,389 | 0,434 | 0,475 | 0,512 | 0,546 | 0,578 | 0,608 | 0,677 | 0,739 | 0,795 | 0,846 | 0,894 | 0,938 |
| 0,05 | 0,195 | 0,274 | 0,336 | 0,386 | 0,431 | 0,472 | 0,510 | 0,543 | 0,575 | 0,605 | 0,673 | 0,735 | 0,790 | 0,841 | 0,888 | 0,932 |
| 0,06 | 0,194 | 0,273 | 0,334 | 0,384 | 0,429 | 0,470 | 0,507 | 0,540 | 0,572 | 0,602 | 0,670 | 0,731 | 0,785 | 0,836 | 0,882 | 0,926 |
| 0,07 | 0,193 | 0,271 | 0,332 | 0,382 | 0,427 | 0,467 | 0,504 | 0,537 | 0,569 | 0,598 | 0,666 | 0,726 | 0,780 | 0,831 | 0,877 | 0,920 |
| 0,08 | 0,192 | 0,270 | 0,331 | 0,380 | 0,425 | 0,465 | 0,501 | 0,534 | 0,565 | 0,595 | 0,662 | 0,722 | 0,776 | 0,825 | 0,871 | 0,914 |
| 0,09 | 0,191 | 0,268 | 0,329 | 0,378 | 0,422 | 0,462 | 0,499 | 0,531 | 0,562 | 0,591 | 0,658 | 0,717 | 0,771 | 0,820 | 0,866 | 0,908 |
| 0,10 | 0,190 | 0,267 | 0,327 | 0,376 | 0,420 | 0,460 | 0,496 | 0,528 | 0,559 | 0,588 | 0,654 | 0,713 | 0,766 | 0,814 | 0,860 | 0,901 |
| 0,12 | 0,188 | 0,264 | 0,323 | 0,372 | 0,415 | 0,455 | 0,491 | 0,522 | 0,553 | 0,581 | 0,646 | 0,704 | 0,755 | 0,804 | 0,848 | 0,889 |
| 0,15 | 0,185 | 0,260 | 0,318 | 0,366 | 0,408 | 0,448 | 0,482 | 0,513 | 0,543 | 0,571 | 0,634 | 0,690 | 0,741 | 0,788 | 0,831 | 0,871 |
| 0,20 | 0,180 | 0,252 | 0,309 | 0,355 | 0,397 | 0,435 | 0,469 | 0,498 | 0,526 | 0,553 | 0,614 | 0,668 | 0,716 | 0,761 | 0,802 | 0,839 |
| $v =$ | 1,02 | 1,04 | 1,06 | 1,08 | 1,10 | 1,12 | 1,14 | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 1,25 | 1,30 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,50 |
| $\frac{\sqrt{v^2-1}}{u_0}$ | 1,01 | 1,01 | 1,02 | 1,03 | 1,03 | 1,04 | 1,04 | 1,05 | 1,06 | 1,07 | 1,08 | 1,10 | 1,11 | 1,13 | 1,15 | 1,17 |

| $\varepsilon$ | $v =$ 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,047 | 1,123 | 1,193 | 1,258 | 1,317 | 1,373 | 1.426 | 1,475 | 1,522 | 1,567 | 1,609 | 1,650 | 1,689 | 1,727 | 1,763 | 1,831 |
| 0,01 | 1,040 | 1,116 | 1,185 | 1,249 | 1,307 | 1,363 | 1,415 | 1,463 | 1,510 | 1,554 | 1,595 | 1,635 | 1,674 | 1,711 | 1,746 | 1,813 |
| 0,02 | 1,034 | 1,108 | 1,177 | 1,240 | 1,298 | 1,352 | 1,404 | 1,452 | 1,497 | 1,541 | 1,581 | 1,621 | 1,659 | 1,695 | 1,730 | 1,794 |
| 0,03 | 1,027 | 1,101 | 1,168 | 1,231 | 1,288 | 1,342 | 1,393 | 1,440 | 1,485 | 1,528 | 1,568 | 1,606 | 1,643 | 1,678 | 1,712 | 1,776 |
| 0,04 | 1,020 | 1,093 | 1,160 | 1,222 | 1,279 | 1,332 | 1,382 | 1,428 | 1,471 | 1,514 | 1,553 | 1,591 | 1,627 | 1,662 | 1,695 | 1,757 |
| 0,05 | 1,013 | 1,086 | 1,152 | 1,213 | 1,269 | 1,321 | 1,370 | 1,416 | 1,459 | 1,500 | 1,539 | 1,576 | 1,612 | 1,646 | 1,679 | 1,739 |
| 0,06 | 1,007 | 1,078 | 1,144 | 1,204 | 1,258 | 1,310 | 1,359 | 1,403 | 1,447 | 1,487 | 1,524 | 1,561 | 1,596 | 1,630 | 1,661 | 1,722 |
| 0,07 | 1,000 | 1,070 | 1,135 | 1,195 | 1,249 | 1,300 | 1,348 | 1,391 | 1,433 | 1,474 | 1,510 | 1,547 | 1,581 | 1,613 | 1,644 | 1,703 |
| 0,08 | 0,993 | 1,062 | 1,126 | 1,186 | 1,239 | 1,289 | 1,336 | 1,380 | 1,421 | 1,460 | 1,496 | 1,532 | 1,564 | 1,596 | 1,626 | 1,684 |
| 0,09 | 0,986 | 1,055 | 1,118 | 1,177 | 1.229 | 1,278 | 1,325 | 1,368 | 1,407 | 1,446 | 1,482 | 1,516 | 1,549 | 1,580 | 1,610 | 1,664 |
| 0,10 | 0,979 | 1,047 | 1,110 | 1,167 | 1,219 | 1,268 | 1,313 | 1,355 | 1,395 | 1,432 | 1,467 | 1,501 | 1,533 | 1,563 | 1.592 | 1,645 |
| 0,12 | 0,965 | 1,030 | 1,092 | 1,148 | 1,199 | 1,246 | 1,290 | 1,331 | 1,368 | 1,405 | 1,437 | 1,470 | 1,500 | 1,529 | 1,557 | 1,606 |
| 0,15 | 0,944 | 1,007 | 1,066 | 1,122 | 1,168 | 1,214 | 1,256 | 1,294 | 1,329 | 1,364 | 1,393 | 1,423 | 1,450 | 1,477 | 1,502 | 1,547 |
| 0,20 | 0,908 | 0,968 | 1,023 | 1,074 | 1,118 | 1,159 | 1,196 | 1,229 | 1,261 | 1,291 | 1,317 | 1,342 | 1,365 | 1,388 | 1,408 | 1,445 |
| $v =$ | 1,60 | 1,7 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,2 |
| $\frac{\sqrt{v^2-1}}{u_0}$ | 1,20 | 1,23 | 1,25 | 1,28 | 1,32 | 1,35 | 1,37 | 1,40 | 1,43 | 1,46 | 1,49 | 1,52 | 1,55 | 1,58 | 1,60 | 1,66 |

| $\varepsilon$ | $v =$ 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 4,6 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,894 | 1,925 | 1,954 | 2,010 | 2,063 | 2,114 | 2,162 | 2,185 | 2,207 | 2,251 | 2,292 | 2,390 | 2,478 | 2,559 | 2,634 | 2,704 |
| 0,01 | 1,875 | 1,905 | 1,933 | 1,988 | 2,040 | 2,089 | 2,136 | 2,158 | 2,180 | 2,222 | 2,262 | 2,357 | 2,441 | 2,519 | 2,591 | 2,657 |
| 0,02 | 1,856 | 1,885 | 1,913 | 1,966 | 2,016 | 2,065 | 2,110 | 2,131 | 2,153 | 2,193 | 2,231 | 2,322 | 2,403 | 2,477 | 2,545 | 2,608 |
| 0,03 | 1,835 | 1,864 | 1,891 | 1,943 | 1,992 | 2,040 | 2,083 | 2,104 | 2,123 | 2,163 | 2,200 | 2,288 | 2,364 | 2,436 | 2,500 | 2,560 |
| 0,04 | 1,816 | 1,844 | 1,870 | 1,920 | 1,968 | 2,015 | 2.056 | 2,074 | 2,095 | 2,134 | 2,169 | 2,253 | 2,325 | 2,393 | 2,454 | 2,509 |
| 0,05 | 1,796 | 1,823 | 1,849 | 1,897 | 1,944 | 1,989 | 2,028 | 2,048 | 2,067 | 2,104 | 2,137 | 2,217 | 2,286 | 2,351 | 2,407 | 2,459 |
| 0,06 | 1,776 | 1,803 | 1,827 | 1,876 | 1,920 | 1,963 | 2,001 | 2,020 | 2,038 | 2,073 | 2,106 | 2,183 | 2,248 | 2,308 | 2,361 | 2,408 |
| 0,07 | 1,756 | 1,782 | 1,806 | 1,852 | 1,894 | 1,936 | 1,974 | 1,991 | 2,008 | 2,041 | 2,073 | 2,146 | 2,208 | 2,263 | 2,311 | 2,354 |
| 0,08 | 1,735 | 1,760 | 1,783 | 1,829 | 1,870 | 1,910 | 1,946 | 1,962 | 1,978 | 2,010 | 2,039 | 2,109 | 2,167 | 2,219 | 2,262 | 2,300 |
| 0,09 | 1,715 | 1,739 | 1,762 | 1,805 | 1,845 | 1,883 | 1,918 | 1,934 | 1,949 | 1,980 | 2,006 | 2,071 | 2,125 | 2,173 | 2,212 | 2,246 |
| 0,10 | 1,694 | 1,717 | 1,739 | 1,781 | 1,819 | 1,855 | 1,889 | 1,904 | 1,919 | 1,948 | 1,973 | 2,034 | 2,083 | 2,126 | 2,162 | 2,189 |
| 0,12 | 1,652 | 1,674 | 1,694 | 1,732 | 1,769 | 1,801 | 1,830 | 1,844 | 1,858 | 1,882 | 1,904 | 1,953 | 1,993 | 2,024 | 2,049 | 2,069 |
| 0,15 | 1,589 | 1,607 | 1,625 | 1,658 | 1,686 | 1,713 | 1,737 | 1,748 | 1,759 | 1,779 | 1,795 | 1,831 | 1,854 | 1,869 | 1,878 | 1,885 |
| 0,20 | 1,477 | 1,491 | 1,504 | 1.527 | 1,545 | 1,562 | 1,578 | 1,585 | 1,591 | 1,600 | 1,605 | 1,611 | | | | |
| $v =$ | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 4,0 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,5 | 6,0 | 6,5 | 7,0 | 7,5 |
| $\frac{\sqrt{v^2-1}}{u_0}$ | 1,72 | 1,74 | 1,77 | 1,82 | 1,88 | 1,93 | 1,99 | 2,01 | 2,04 | 2,09 | 2,14 | 2,26 | 2,39 | 2,51 | 2,63 | 2,75 |

| $\varepsilon$ | $v =$ 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2,769 | 2,830 | 2,887 | 2,942 | 2,993 | 3,089 | 3,176 | 3,257 | 3,331 | 3,400 | 3,465 | 3,525 | 3,583 | 3,637 | 3,688 |
| 0,01 | 2,719 | 2,777 | 2,830 | 2.881 | 2,929 | 3,018 | 3,098 | 3,173 | 3,240 | 3,301 | 3,360 | 3,413 | 3,464 | 3,512 | 3,555 |
| 0,02 | 2,667 | 2,721 | 2,770 | 2,819 | 2,863 | 2,945 | 3,018 | 3,086 | 3,145 | 3,199 | 3,250 | 3,295 | 3,339 | 3,377 | 3,414 |
| 0,03 | 2,614 | 2,664 | 2,709 | 2,755 | 2,795 | 2,869 | 2,935 | 2,995 | 3,046 | 3,092 | 3,135 | 3,173 | 3,208 | 3,238 | 3,265 |
| 0,04 | 2,560 | 2,607 | 2,650 | 2,690 | 2.725 | 2,792 | 2,850 | 2,900 | 2,943 | 2,981 | 3,014 | 3,041 | 3,069 | 3,088 | 3,107 |
| 0,05 | 2,506 | 2,548 | 2.588 | 2,623 | 2,653 | 2.712 | 2,761 | 2,802 | 2,837 | 2,865 | 2,889 | 2,907 | 2,925 | 2,936 | 2,938 |
| 0,06 | 2,452 | 2,491 | 2,523 | 2,554 | 2,582 | 2,631 | 2,669 | 2,701 | 2,725 | 2,744 | 2,754 | 2,762 | 2,766 | | |
| 0,07 | 2,394 | 2,428 | 2,455 | 2,483 | 2,507 | 2,546 | 2,575 | 2,594 | 2,610 | 2,616 | 2,617 | | | | |
| 0,08 | 2,335 | 2,362 | 2,386 | 2,410 | 2,429 | 2,457 | 2,474 | 2,485 | 2,486 | | | | | | |
| 0,09 | 2,275 | 2,297 | 2,316 | 2,335 | 2,349 | 2,366 | 2,372 | | | | | | | | |
| 0,10 | 2,212 | 2,231 | 2,246 | 2,256 | 2,266 | 2,269 | | | | | | | | | |
| 0,12 | 2,082 | 2,091 | 2,096 | | | | | | | | | | | | |
| 0,15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,20 | | | | | | | | | | | | | | | |
| $v =$ | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | 19. | 20. |
| $\frac{\sqrt{v^2-1}}{u_0}$ | 2,87 | 2,98 | 3,10 | 3,21 | 3,32 | 3,55 | 3,77 | 3,98 | 4,19 | 4,40 | 4,61 | 4,81 | 5,02 | 5,22 | 5,42 |

einer anderweitigen Bedingung eines dieser Stücke gesucht werden, so kann diese Aufgabe nicht mehr direct, sondern nur durch Versuchsrechnungen gelöst werden. Der Gang der Rechnungen ist in dem Nachfolgenden kurz angegeben, wobei aufser den früheren Bezeichnungen noch $v'$ und $u'$ die Werthe von $v$ und $u$ für den Kämpfer bedeuten.

1) Gegeben $c$, $e$ und $q$. Gesucht die Bogenform.

Die Tabelle giebt in der Horizontalreihe für $\varepsilon = \frac{c+e}{q}$ die Werthe von $u$ für die oben stehenden $v$ und es ist

$$y = (c+e)\, v$$
$$x = \sqrt{c \cdot q} \cdot u.$$

Es genügt hierbei stets, diejenige in der Tabelle enthaltene Horizontalreihe zu benutzen, welcher dem berechneten Werth von $\varepsilon$ am nächsten liegt, wobei dann aber $\frac{l}{u'}$ anstatt $\sqrt{c \cdot q}$, also $x = \frac{l}{u'} \cdot u$ zu setzen ist.

2) Gegeben $c$, $e$, $q$ und $h$, gesucht $l$.

Dasselbe wird erhalten durch die Gleichung

$$l = u' \cdot \sqrt{c \cdot q},$$

worin die Unbekannte $u'$ aus der Tabelle zu entnehmen ist für

$$v' = \frac{h}{c+e}$$ und zwar in der Horizontalreihe für $\varepsilon = \frac{c+e}{q}$.

3) Gegeben $c$, $e$, $q$ und $l$; gesucht $h$.

Es ist

$$l = v' (c+e)$$

worin $v'$ aus der Tabelle zu entnehmen ist für

$$u' = \frac{l}{\sqrt{cq}} \text{ und}$$
$$\varepsilon = \frac{c+e}{q}$$

4) Gegeben $l$, $h$, $e$ und $q$, gesucht $c$.

Die Lösung ist indirect. Man nehme einen Versuchswerth für $c$ an, dann wird $\varepsilon = \frac{c+e}{q}$ und $v' = \frac{h}{c+e}$ und es müfste der zugehörige, aus der Tabelle entnommene Werth von $u'$ die Bedingungsgleichung

$$u' = \frac{l}{\sqrt{cq}}$$

erfüllen. Trifft dieselbe nicht zu, so ist $c$ zu corrigiren und zwar mufs es gröfser oder kleiner werden, je nachdem $u'$ kleiner oder gröfser als $\frac{l}{\sqrt{cq}}$ erhalten wurde.

5) Gegeben $l$, $h$, $c$ und $e$, gesucht $q$.

Dasselbe wird erhalten aus der Gleichung

$$q = \frac{l^2}{u'^2} \cdot \frac{1}{c}$$

in welcher $u'$ unbekannt ist. Man hat aber $v' = \frac{h}{c+e}$ und es handelt sich daher nur um Auffindung von $\varepsilon$, um $u'$ aus der Tabelle entnehmen zu können. Die Aufgabe wird durch Versuchsrechnungen gelöst, indem zunächst $\varepsilon$ beliebig gewählt und darauf mit Hilfe des so gefundenen Näherungswerthes von $q$ nach der Bedingung

$$\varepsilon = \frac{c+e}{q} \text{ corrigirt wird.}$$

6) Gegeben $l$, $h$, $c$ und $q$, gesucht $e$.

Es ist

$$e = \frac{h}{v'} - c$$

und $u' = \frac{l}{\sqrt{cq}}$. Um $v'$ aus der Tabelle entnehmen zu können, mufs $\varepsilon$ bekannt sein; man setze daher zunächst $e = 0$, also $\varepsilon = \frac{c}{q}$, suche die für dieses $\varepsilon$ sich ergebenden Werthe von $v'$ und $e$ und wiederhole dies Verfahren sodann mit corrigirtem $\varepsilon$.

Dies sind die am häufigsten zu lösenden Aufgaben; wie einfach und mühelos die Rechnung durch Benutzung der Tabelle wird, geht aus dem Vorstehenden klar hervor. Es kommen aber beim Entwerfen massiver Brücken noch viele andere, ebenso wichtige wie interessante Gesichtspunkte in Betracht, welche ebenfalls mühelos und schnell untersucht werden können.

Hier nur Einiges darüber:

In manchen Fällen kann die Pfeilhöhe eines Gewölbes von gegebener Spannweite innerhalb gewisser Grenzen beliebig gewählt werden, und es ist alsdann von Wichtigkeit, diejenige Anordnung zu treffen, bei welcher die Kosten ein Minimum werden. Wird davon abstrahirt, dafs bei höherer Lage des Kämpfers im Allgemeinen stärkere Widerlager nothwendig werden, so wird dasjenige Gewölbe den Vorzug verdienen, dessen Masse oder Gewicht ein Minimum wird. Es würde aber zu weit führen, wollte man dieses Minimum durch eine analytische Formel auszudrücken suchen, weit einfacher ist es, in vorliegendem speciellen Falle für verschiedene Pfeilhöhen zunächst nach dem Vorherigen die Scheitelstärke $c$ und damit $z_0$ zu bestimmen, worauf sodann die Gewichte nach der Formel

$$G = l \cdot z_0 \cdot \frac{\sqrt{v'^2 - 1}}{u\,o}$$

erhalten werden und damit die vortheilhafteste Anordnung sich bald ergiebt.

Die Aufgabe kann aber noch allgemeiner gestellt sein. Es kann z. B. verlangt werden, unter Materialien von ungleicher Festigkeit und verschiedenen Preisen die passendste Auswahl zu treffen, verschiedene Anordnungen des auszuführenden Bauwerks in Bezug auf Wahl der Pfeilhöhen und Spannweiten vergleichend zu untersuchen und dergl. Für solche Fälle können bei der grofsen Zahl und Verschiedenheit der mitwirkenden Factoren natürlich keine allgemein giltigen Formeln aufgestellt werden, sondern es kann die Entscheidung nur auf Grund der Berechnung einer Anzahl specieller Fälle getroffen werden. Hierbei aber ist der Gebrauch der Tabelle von grofsem Nutzen.

Es sei z. B. eine Strafsenbrücke von $20^{m}$ Spannweite zwischen gegebenen Widerlagern zu entwerfen. Zur Auswahl sollen 4 Backsteinsorten stehen, deren zulässige Beanspruchungen ausgedrückt werden durch die Belastungshöhen

$q = 30$, 40, 50 und $60^{m}$ entsprechend bei specif. Gewicht $= 1{,}_6$

dem Drucke von $4{,}_8$, $6{,}_4$, $8{,}_0$ und $9{,}_6$ Kilogramm pro $\square^{cm}$. Es sei $e = 1{,}_0$ und aus praktischen Rücksichten vorgeschrie-

ben, dafs $c$ nicht $< 0,_{51}$ m (2 Stein) gewählt werden dürfte; die Constructionshöhe $h$ sei beliebig.

Eine bequeme Uebersicht über die sämmtlichen möglichen Fälle erhält man aus der nachfolgenden Tabelle, welche ohne besonderen Zeitaufwand nach §. 10, 3 berechnet werden kann. In derselben sind für eine Reihenfolge angenommener Scheitelstärken (in Intervallen von $1/2$ Stein) die zugehörigen Pfeilhöhen $f$ und Gewichte $G$, sowie die Höhen-Differenzen zwischen Fahrbahn und Kämpfer ($= h$) angegeben und es ist mit Hilfe der so gefundenen Resultate leicht, sowohl in Bezug auf geringste Kosten, als mit Rücksicht auf geringe Constructionshöhen die vortheilhafteste Auswahl zu treffen.

| c | q = 30 | | | q = 40 | | | q = 50 | | | q = 60 | | | c |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h | f | G | h | f | G | h | f | G | h | f | G | |
| 0,51 | 13,1 | 11,59 | 45,7 | 7,9 | 6,39 | 33,0 | 6,1 | 4,59 | 28,4 | 5,0 | 3,49 | 25,5 | 0,51 |
| 0,64 | 10,0 | 8,36 | 39,6 | 6,6 | 4,96 | 31,0 | 5,3 | 3,66 | 27,3 | 4,5 | 2,86 | 25,0 | 0,64 |
| 0,77 | 8,5 | 6,73 | 37,0 | 6,0 | 4,23 | 30,5 | 4,8 | 3,03 | 26,9 | 4,2 | 2,43 | 25,3 | 0,77 |
| 0,90 | 7,8 | 5,90 | 36,1 | 5,7 | 3,80 | 30,4 | 4,6 | 2,70 | 27,2 | 4,1 | 2,20 | 25,6 | 0,90 |
| 1,03 | 7,3 | 5,27 | 36,0 | 5,4 | 3,37 | 30,5 | 4,5 | 2,47 | 27,8 | 4,0 | 1,97 | 26,0 | 1,03 |
| 1,16 | 6,9 | 4,74 | 35,9 | 5,2 | 3,04 | 31,1 | 4,4 | 2,24 | 28,8 | 4,0 | 1,84 | 27,2 | 1,16 |
| 1,29 | 6,7 | 4,41 | 36,1 | 5,2 | 2,91 | 32,0 | 4,5 | 2,21 | 29,8 | 4,1 | 1,81 | 28,6 | 1,29 |

Sodann sind noch in der folgenden Tabelle die Resultate zusammengestellt, welche sich ergeben, wenn das frühere Bauwerk als Eisenbahnbrücke construirt werden soll und demgemäfs die Uebermauerung, Bettung etc. $0,_{85}$ m, die Höhe der Verkehrslast $0,_{80}$ m, also $e = 1,_{65}$ m beträgt, entsprechend den für die Bauten der Berliner Stadtbahn zu Grunde gelegten Annahmen.

| c | q = 30 | | | q = 40 | | | q = 50 | | | q = 60 | | | c |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h | f | G | h | f | G | h | f | G | h | f | G | |
| 0,51 | 25,2 | 23,84 | 81,3 | 11,3 | 9,94 | 49,3 | 8,0 | 6,64 | 40,8 | 6,3 | 4,94 | 36,5 | 0,51 |
| 0,64 | 15,2 | 13,71 | 60,2 | 8,8 | 7,31 | 44,2 | 6,8 | 5,31 | 38,7 | 5,5 | 4,01 | 35,1 | 0,64 |
| 0,77 | 11,8 | 10,18 | 53,0 | 7,7 | 6,08 | 42,1 | 6,0 | 4,38 | 37,5 | 5,0 | 3,38 | 34,6 | 0,77 |
| 0,90 | 10,2 | 8,45 | 50,2 | 7,0 | 5,25 | 41,1 | 5,5 | 3,75 | 37,3 | 4,7 | 2,95 | 34,8 | 0,90 |
| 1,03 | 9,4 | 7,52 | 48,7 | 6,5 | 4,62 | 41,0 | 5,2 | 3,32 | 37,3 | 4,6 | 2,72 | 35,3 | 1,03 |
| 1,16 | 8,7 | 6,69 | 48,1 | 6,2 | 4,19 | 41,0 | 5,1 | 3,09 | 37,9 | 4,4 | 2,39 | 35,8 | 1,16 |
| 1,29 | 8,2 | 6,06 | 47,5 | 6,0 | 3,86 | 41,2 | 5,0 | 2,86 | 38,5 | 4,4 | 2,26 | 36,7 | 1,29 |
| 1,42 | 7,8 | 5,53 | 47,6 | 5,8 | 3,53 | 41,8 | 4,9 | 2,63 | 39,2 | 4,4 | 2,13 | 37,7 | 1,42 |
| 1,55 | 7,5 | 5,10 | 47,6 | 5,8 | 3,40 | 42,6 | 5,0 | 2,60 | 40,0 | 4,4 | 2,00 | 38,8 | 1,55 |

Auch in dieser Tabelle bezeichnet $h$ die Höhen-Differenz zwischen Fahrbahn und Kämpfer (es ist also

$$v' = \frac{h + 0,_{80}}{c + e}\Big).$$

Dieselbe lehrt, dafs eine Eisenbahnbrücke mit 20 m weiten Oeffnungen bei nur $4,_4$ m Höhen-Differenz zwischen Fahrbahn und Kämpfer (Schienen-Oberkante und Hochwasser) aus Backsteinen erbaut werden kann, ohne dafs deren Beanspruchung $> 60$ m Belastungshöhe, d. i. $^{60}/_{10} \cdot 1,_6 = 9,_6$ k pro □cm wird.

Dagegen ist es andererseits unmöglich, eine solche Anordnung zu treffen, dafs bei $h < 4,_9$ m die Beanspruchung des Materials nicht gröfser werde, als einer Belastungshöhe von $q = 50$ m entspricht. Wäre ferner beispielsweise $h = 6$ m gegeben, so würde man erhalten für

$$q = 60 \quad 50 \quad 40$$
$$c = 0,_{57} \quad 0,_{77} \quad 1,_{29},$$

während für $q = 30$ m kein zugehöriger Werth von $c$ erhalten werden kann, d. h. bei $h = 6,_0$ m wird die Pressung in dem Gewölbebogen $q$ stets $> 30$ m, wie grofs auch die Scheitelstärke gewählt werden mag.

## §. 11. Graphische Constructionen.

Alle vorerwähnten und ähnlichen Untersuchungen erfordern nur wenige und einfache Rechnungsoperationen. Doch selbst diese noch können entbehrlich gemacht werden durch die graphische Tafel auf Blatt S. Daselbst ist nämlich die Gleichung der inneren Bogenlinie für die in der Tabelle A enthaltenen Werthe von $\varepsilon$ graphisch dargestellt und zwar nach logarithmischem Maafsstabe. Die $v$ sind als Abscissen, die $u$ als Ordinaten aufgetragen, die einzelnen Curven endigen innerhalb der Grenzen der Zeichnung an demjenigen Punkte, wo $u$ sein Maximum erreicht, also die innere Bogenlinie die lothrechte Richtung annimmt. Die Punkte der Curven liegen oberhalb oder unterhalb der Linie I—I, je nachdem $u \lesseqgtr 1$ ist. Es ist zu beachten, dafs die Länge von 0 bis 1 eben so grofs ist, als die Länge von 1 bis 10.

Wie diese graphische Tafel vermöge des logarithmischen Maafsstabes benutzt werden kann, um die vorzunehmenden Multiplicationen und Divisionen durch Addition resp. Subtraction der logarithmischen Längen mittelst des Zirkels oder eines Streifens Pauspapier auszuführen, bedarf für denjenigen, welcher den Gebrauch des Rechenstabes kennt, keiner Erläuterung. Durch die Tafel wird es ermöglicht, sämmtliche bei Benutzung der Tabelle erforderlichen Rechnungsoperationen, als z. B. das Aufsuchen von

$$v' = \frac{h}{z_0}, \quad H = c \cdot q = \frac{l^2}{u'^2}$$
$$x = \sqrt{H} \cdot u$$
$$y = z_0 \cdot v$$

u. s. w. mit einer Genauigkeit graphisch auszuführen, welche in den meisten Fällen, besonders bei Versuchsrechnungen, genügen wird.

Blatt T enthält ferner eine Construction, welche das directe Auftragen der Coordinaten der inneren Bogenlinie für den speciellen Fall, dafs $\varepsilon = 0$, also die innere Bogenlinie als Stützlinie angesehen wird, ermöglicht. Der Gebrauch geht aus den auf dem Blatte selbst enthaltenen Erläuterungen hervor; eine ähnliche Hülfstafel kann für jeden beliebigen Werth von $\varepsilon$ ausgeführt werden.

Berlin, im März 1876. G. Tolkmitt.

# Untersuchungen über die Ursachen der Bruchfähigkeit des Schienenstahls unter besonderer Berücksichtigung des Bessemermetalles.

(Mit Zeichnungen auf Blatt U im Text.)

Die Verwendung von Gufsstahl zur Fabrikation von Eisenbahnschienen nimmt für das Eisenbahnwesen eine immer gröfsere Bedeutung an. Dieses Material scheint bestimmt zu sein, binnen kurzer Zeit die eisernen Schienen aus der Eisenbahntechnik nicht nur für Locomotivbahnen, sondern auch selbst für Pferdebahnen so gut wie ganz zu verdrängen.

Die Vorurtheile, mit denen die Einführung desselben noch in den letzten Jahren zu kämpfen hatte, sind zur Zeit fast ganz überwunden; ja, man kann schon jetzt behaupten, dafs der Stahl bereits die Oberherrschaft über das Eisen errungen hat.

Der Schienenstahl wird bereits fast eben so billig als das Puddeleisen dargestellt, und es ist die Zeit vielleicht nicht mehr fern, in welcher bei der enormen Leistungsfähigkeit der Stahlgeneratoren und der unter den Producenten entstandenen Concurrenz sich die Stahlproduction eben so billig, wenn nicht billiger als die Darstellung des gepuddelten Eisens bewirken läfst; aber auch selbst dann, wenn dieses nicht eintreffen sollte, wenn immer zu Ungunsten des Stahles eine Preisdifferenz bestehen bleiben sollte, bleibt nicht zu verkennen, dafs die Verwendung stählerner Schienen in öconomischer Beziehung das allein Richtige ist; es dürfte dieses ohne weitere Berechnung zu erkennen sein, wenn erwogen wird, dafs die Fabrikanten bei Lieferung eiserner Schienen nur eine Garantiezeit von 3 bis höchstens 5 Jahren und bei Gufsstahlschienenlieferungen eine solche von mindestens 10 Jahren übernehmen. Auf einigermaafsen stark belasteten Bahnen werden eiserne Schienen kaum eine Durchschnittsdauer von 10 Jahren, in der Regel höchstens nur von 7 bis 8 Jahren erreichen; den Stahlschienen wird man dagegen, ohne zu optimistisch zu schätzen, mindestens eine 20jährige Dauer prognosticiren können.

Die aus gepuddeltem Material (Eisen, Puddelstahl und Feinkorneisen) gefertigten Schienen haben unverkennbar bei der Abnutzung am Kopf ein Bestreben, sich in die Theile zu zerlegen, aus denen sie entstanden sind. In Folge dessen entstehen alle diejenigen unregelmäfsigen Verschleifsarten (Druckflecken, Längenspaltungen, Abspaltungen der Backen, Seitenausbrüche, theilweises oder ganzes Losspringen des Kopfes, Auflösung des Kopfes nach den Faserbildungen und dergl. mehr), welche den Betrieb vorzugsweise bei schnell gehenden Zügen gefährden. Diese Verschleifsarten sind bei Gufsstahlschienen nicht denkbar, weil dieselben aus homogenem Material bestehen und aus ganzen, nicht zusammengeschweifsten Blöcken entstanden sind. Die Abnutzung derselben ist in Folge dessen eine gleichmäfsige, der Gang der Züge auf Stahlschienengeleisen sanfter und ruhiger, und mithin auch der Betrieb auf denselben weniger gefährdet; Entgleisungen sind unter sonst gleichen Umständen deshalb auf Gufsstahlschienenstrecken weniger zu besorgen, als auf Strecken, auf denen Schienen aus gepuddeltem und zusammengeschweifstem Material verlegt sind. Die Befürchtungen, dafs in Folge von Schienenbrüchen bei Stahlschienen Eisenbahnunfälle leichter herbeigeführt werden, als bei Eisenschienen, sind in früherer Zeit in übertriebener Weise gehegt worden. Gerade diejenigen Eisenbahnverwaltungen, in deren Bezirken am längsten Gufsstahlschienen zur Verwendung gelangt sind, haben festgestellt, dafs Schienenbrüche bei Gufsstahlschienen nur vereinzelt vorgekommen sind und dafs sich dieselben in der Regel nur in dem ersten Betriebsjahr, meistens nur in der ersten Hälfte des ersten Betriebsjahres zeigten, die folgenden Jahre dagegen nur selten Brüche zu verzeichnen hatten.

Ursache von Unfällen sind diese Brüche meines Wissens nur in den allerseltensten Fällen gewesen. Man kann deshalb auch von der Annahme ausgehen, dafs in Bezug auf die Betriebssicherheit die Stahlschienen vor den Eisenschienen und überhaupt vor allen Schienen, welche aus gepuddeltem Material entstanden sind, den Vorzug verdienen.

Die zur Verwendung gelangenden Gufsstahlschienen sind keineswegs von gleicher Güte, auch haben sie keineswegs überall die gleichen Eigenschaften. In Bezug auf die Weichheit des Materials, die Härte, die Zähigkeit und Sprödigkeit desselben lassen sich sehr bedeutende Unterschiede bemerken, und ebenso kann es als eine Thatsache angesehen werden, dafs nicht alles Gufsstahlmaterial, welches sich zur Fabrikation der zur Bildung des Geleises bestimmten Schienen noch eignet, eben so genügend ist, zu Herzstücken und Kreuzungsstücken weiter verarbeitet zu werden. Es giebt Werke, deren Gufsstahlschienen einen solchen Grad von Zähigkeit besitzen, dafs dieselben ohne alle Bedenken zu den genannten Constructionstheilen verwendet werden können; andere Werke dagegen liefern ein Material, welches zu Schienenzwecken zwar recht gut zu gebrauchen, zur Verarbeitung von Herz- und Kreuzungsstücken dagegen ungeeignet ist. Diesem Umstande mufs es zugeschrieben werden, dafs manche Eisenbahntechniker die Verwendung von Gufsstahlschienen zur Fabrikation der genannten Constructionsstücke für ungeeignet halten.

Die Meinungen über die Eigenschaften des zur Schienenfabrikation verwendeten Gufsstahls gehen zur Zeit noch sehr weit auseinander. So findet man häufig, dafs die Härte des Materials mit der Sprödigkeit, die Weichheit desselben dagegen mit der Zähigkeit identificirt wird, und dafs in Folge dessen das weichste Material für das beste und das harte Material dagegen für weniger geeignet zur Schienenerzeugung gehalten wird. Selbst in der Sicherheitscommission, welche vom 29. October bis zum 1. November 1873 in Berlin tagte, ist bei Beantwortung der Frage Nr. 1 die Prüfung des Härtegrades der Stahlschienen mit der Feile vorgeschlagen und erörtert worden, dafs durch den Phosphorgehalt, welchen der Bessemerstahl enthalte, leicht ein zu grofser Härtegrad entstehe. Beides kann ich nicht für zutreffend halten. In Bezug auf die Feilenprobe bleibt immerhin zu berücksichtigen, dafs der Härtegrad der Feilen selbst verschieden ist und, abgesehen hiervon, der Erfolg von der Kraft abhängt, mit welcher die Feile geführt wird. In Bezug auf die Härte, welche der Phosphor dem Bessemerstahl mittheilen soll, ist zu bemerken, dafs dieser Gehalt bei Bessemerstahlschienen ein äufserst geringer ist, derselbe

differirt bei den weiter unten mitgetheilten Beispielen von $0,_{083}$ bis $0,_{184}$ %, liegt also in ziemlich engen Grenzen.

Die Untersuchungen, auf welche ich weiter unten zurückkommen werde, haben zwar gezeigt, dafs in den angegebenen Grenzen der höhere Gehalt an Phosphor auf die Sprödigkeit Einflufs hat. Auf den Härtegrad haben neben dem Phosphor noch der Kohlenstoff und besonders das Silicium wesentlichen Einflufs. Es kommt deshalb auch vor, dafs Schienenstahl mit einem höheren Phosphorgehalt bedeutend weicher sein kann, als anderes Material mit erheblich geringerem Gehalt an diesem Stoff. Härte und Sprödigkeit, sowie Weichheit und Zähigkeit sind überhaupt keine synonymen Begriffe, auch bei dem Schienenstahl nicht; es kann dieses Material ganz aufserordentlich weich und dabei doch so spröde sein, dafs die Bearbeitung desselben zu Herz- und Kreuzungsstücken abzurathen ist, und ein anderes Material kann einen höheren Grad von Härte besitzen und trotzdem bedeutend zäher sein.

Diese Behauptung hoffe ich weiter unten belegen zu können.

In Bezug auf den Schienenstahl stellt sich die Sache demnach so, dafs harte Schienen, denen eine möglichst grofse Zähigkeit innewohnt, vor weichen Schienen den Vorzug verdienen, weil erstere wegen ihrer gröfseren Härte den Angriffen länger widerstehen, mithin langsamer sich abnutzen. Unter solchen Umständen empfiehlt es sich, die Eigenschaften des Schienenstahles eingehend zu untersuchen und diejenigen Gründe zu ermitteln, welche diesem Material die Eigenschaft der gröfseren oder geringeren Weichheit, Härte, Sprödigkeit und Zähigkeit verleihen. In dem Nachfolgenden soll dieser Aufgabe näher getreten werden, und zwar wird hier vorzugsweise das Bessemer-Material besprochen, weil dasselbe die bei Weitem gröfste Verwendung findet und am meisten bekannt ist; das Martin-Material ist zur Zeit noch weniger erprobt, die Production desselben im Vergleiche zur Bessemerproduction minder bedeutend und meistens von der Bessemerproduction abhängig. Die Eigenschaften des Schienenstahls ergeben sich theils aus inneren, theils äufseren Gründen. Die inneren Gründe für das Verhalten des fertigen Productes führen auf die chemische Zusammensetzung des Rohmaterials und auf den Verlauf des metallurgischen Processes im Converter, die äufseren dagegen auf die Verarbeitung des gewonnenen Stahlproducts zur fertigen Schiene und auf Zufälligkeiten, welche sich hierbei ereignet haben, zurück.

Die chemische Zusammensetzung und der Verlauf des Processes bedingen vorzugsweise das Verhalten der aus dem entstandenen Stahl gefertigten Schienen; dennoch kann man aus der chemischen Zusammensetzung, auch wenn dieselbe den Bedingungen für ein gutes Stahlproduct völlig entspricht, nicht unbedingt immer für die Güte der Schienen sichere Schlüsse ziehen, weil auch die weitere Verarbeitung des Stahles für die Erzeugung einer tadellosen Schiene von grofsem Einflufs ist und der Erfolg immer in den Werken am gelungensten ausfallen wird, in welchen auf die Behandlung der Ingots (Stahlblöcke) die möglichst gröfste Sorgfalt verwendet wird. Um Klarheit nach den angegebenen Richtungen zu gewinnen, soll hier zunächst die chemische Zusammensetzung des Materials, der Verlauf des Processes im Converter und die Behandlung der Ingots von der Entstehung in der Form bis zur Durchführung derselben durch die Walzen im Allgemeinen besprochen werden, und demnächst soll eine Reihe von Versuchen, welche für die Verwaltung der Westfälischen Eisenbahn auf den Hüttenwerken angestellt sind, mit einander verglichen und mit der chemischen Zusammensetzung der Versuchsstücke in Beziehung gebracht werden.

Aus diesen Versuchsreihen wird sich dann ergeben, wie die vorhandenen Stoffe auf das fertige Product einwirken und bis zu welchem Verhältnifs die schädlichen Stoffe dem Schienenstahl innewohnen dürfen.

### Der Verlauf des metallurgischen Processes im Converter.

Die Basis für den Bessemerprocefs bildet das beste möglichst phosphorarme Grauroheisen. Dasselbe besteht hauptsächlich aus Eisen und enthält als Nebenbestandtheile Mangan, mechanisch als Graphit beigemengten Kohlenstoff, Schwefel, Silicium und Phosphor. Aufser diesen Stoffen kommen noch einige Nebenbestandtheile in sehr geringer Menge vor, z. B. bei manchen Eisensorten etwas Kupfer, welche indessen von geringer Wichtigkeit sind.

Es ist von grofsem Interesse, zu erfahren, wie sich diese Stoffe im Converter verhalten, weil von diesem Verhalten das Gelingen des metallurgischen Processes wesentlich abhängig ist.

#### a. Graphische Darstellungen über den Verlauf des metallurgischen Processes.

Es ist allgemein üblich geworden, alle möglichen Untersuchungen und Beobachtungen durch graphische Darstellungen anschaulich zu machen. Der Bessemerstahlbereitungsprocefs ist wegen der Stetigkeit seines Verlaufes ganz aufserordentlich geeignet, durch solche Darstellungen verdeutlicht zu werden. Um das Verhalten der verschiedenen Stoffe im Converter dem Auge sichtbar zu machen, sind deshalb auf den Werken graphische Darstellungen versucht worden. Der Vorsteher der Bessemerei des Eisen- und Stahlwerks in Osnabrück, Herr Schemmann, hat sich eingehender mit solchen Versuchen beschäftigt und auf dieselben viel Fleifs verwendet. Derselbe hat zunächst eine Probe des eingeschmolzenen Roheisens und sodann von dem Eisenbade aus dem Converter nach gewissen Zeitabschnitten gleichfalls Proben entnommen, dieselben analysiren lassen und demnächst nach dem ermittelten Procentsatz die absoluten Gewichtsmengen der verschiedenen Stoffe unter Berücksichtigung der stetigen Gewichtsabnahme des Eisenbades für die ganze Converterfüllung zurückgerechnet.

Die beobachteten Zeiten sind sodann als Abscissen und die ermittelten absoluten Gewichtsmengen der verschiedenen Stoffe als Ordinaten aufgetragen. Die auf diese Weise gewonnenen Punkte wurden mit stetigen Curven verbunden und diese gaben dann endlich ein Bild von dem Abbrand eines jeden Stoffes und in jedem Zeitabschnitte. Herr Schemmann hat mir mit grofser Bereitwilligkeit zwei auf die angegebene Weise gewonnene graphische Darstellungen mit der Ermächtigung zur Verfügung gestellt, von denselben weiteren Gebrauch zu machen, und lasse ich beide Darstellungen auf Blatt U folgen.

#### b. Kalte und heifse Chargen.

Die Darstellung Fig. 1 auf Blatt U stellt eine sogenannte kalte und die Fig. 2 eine heifse Charge dar. Der Versuch ad 1 betraf eine Charge, welche aus

8000 Pfd. englischem Bessemerroheisen,
1000 - schwedischem Roheisen,
1500 - Georgs-Marie-Eisen,
500 - Schmelzabfällen

zusammengesetzt war, im Ganzen also 11000 Pfd. betrug. Die Analyse dieser Mischung ergab:

Kohlenstoff . . 3,65 %,
Silicium . . . 1,875 -
Mangan . . . 1,04 -
Schwefel . . . 0,35 -
Phosphor . . . 0,09 -

Der Versuch ad 2 betraf eine Charge, welche gemischt war aus 12000 Pfd. Georgs-Marie-Roheisen,
2000 - englischem Roheisen,
1000 - Schmelzabfällen,

und mithin im Ganzen 15000 Pfd. betrug. Die Analyse ergab, dafs diese Mischung an

Kohlenstoff . . 3,30 %,
Silicium . . . 2,82 -
Mangan . . . 2,54 -
Schwefel . . . 0,14 -
Phosphor . . . 0,05 - enthielt.

Zunächst zeigen beide graphische Darstellungen, dafs der metallurgische Procefs im Converter in dem kurzen Zeitraum von 18 bis 20 Minuten beendet ist. Die Charge 1 gehört noch nicht zu den ganz kalten; es giebt Chargen, bei denen sich der Verlauf des Processes bis zu 30 und selbst 35 Minuten ausdehnt. In beiden Chargen ist gleich das schnelle Verschwinden des Mangans, Siliciums und des Schwefels, sowie das hartnäckige Bleiben des Phosphors, auffallend dagegen das verschiedene Verhalten des Kohlenstoffes und die weiteren Folgen dieses Verhaltens; denn während bei der kalten Charge (Fig. 1) die Abnahme des Kohlenstoffes erst bei der 9ten Minute merklich ward, begann bei der heifsen die Abnahme dieses Stoffes gleich beim Anfang der Charge und verlief sodann in sehr rapider Weise. Dieses verschiedene Verhalten des Kohlenstoffes hat seinen Grund darin, dafs bei der kalten Charge das flüssige Eisen mit einer geringeren Anfangstemperatur in den Converter gelangte und diese nicht genügte, um den Kohlenstoffgehalt zur Oxydation zu bringen; es bedurfte deshalb eines Zeitraumes von 9 Minuten, bis durch die Verbrennung von Mangan und Silicium ein so bedeutender Hitzegrad im Converter erzeugt war, wie zur Oxydation des Kohlenstoffes nothwendig ist.

Mangan und Silicium haben die Eigenschaft, beim Verbrennen sehr hohe Hitzegrade zu erzeugen. Das reichliche Vorhandensein dieser beiden Stoffe mehrt deshalb auch die Anfangstemperatur des Bades im Converter und trägt mithin wesentlich zu einem frühen Beginn der Oxydation des Kohlenstoffes bei, wie in dem Beispiel der sogenannten heifsen Charge wirklich der Fall gewesen ist; denn bei dieser Charge betrug der anfängliche Gehalt an Mangan 2,54 % gegen 1,09 % der kalten Charge, und der Gehalt an Silicium 2,82 % gegen 1,875 % der Charge 1.

Bei der kalten Charge, in welcher also der Kohlenstoff erst spät zur Oxydation gelangt, tritt schon gleich bei dem Anblasen eine beträchtliche Oxydation des Eisens ein und es bildet sich im Eisenbade eine reiche Menge Eisenoxydul. Dasselbe sondert sich theilweise, indem es kieselhaltige Verbindungen eingeht, zur Schlacke ab, theilweise aber bleibt es im Eisenbade aufgelöst und wird dann die Ursache für ein unbrauchbares Product, wenn dasselbe nicht vor Beendigung des Processes durch besondere Zusätze wieder reducirt wird. Das hier mitgetheilte Beispiel einer kalten Charge gehört noch nicht einmal zu den besonders kalten; es kommen, wie schon angedeutet, Chargen vor, bei denen der Verlauf des metallurgischen Processes erheblich langsamer von statten geht und bei denen die Gefahr des Verbrennens noch bedeutend gröfser wird.

Diese reichhaltige Oxydation des Eisens im Converter hat darin ihren Grund, dafs der mechanisch dem Roheisen beigemengte Kohlenstoff, welcher wegen zu geringer Anfangshitze nicht oxydiren konnte, Zeit hatte, sich vollständig chemisch mit dem Eisen zu verbinden und solcherweise einen frühzeitigen Stahl zu bilden.

Dafs im Converter der als Graphit dem Roheisen mechanisch beigemengte Kohlenstoff sich wirklich chemisch mit dem Eisen verbindet, ist eine Thatsache, welche durch Chargenanalysen bewiesen ist.

Der Director des Stahl- und Eisenwerks Hoesch zu Dortmund, Herr Albert Hoesch, hat mir einige Chargenanalysen mitgetheilt. In zweien derselben ist der Graphit und der chemisch gebundene Kohlenstoff getrennt bestimmt worden und lasse ich beide hier folgen.

1) Analyse a,

einer Charge, welche nur aus englischem Eisen angeblasen ist.

| | Charge % | 6 Minuten % | 12 Minuten % | Fertig vor Spiegeleisenzusatz % | Nach dem Spiegeleisenzusatz 20 Minuten % |
|---|---|---|---|---|---|
| Eisen . . . | 93,55 | .... | .... | .... | .... |
| chemisch geb. Kohlenstoff | 1,00 | 3,94 | 1,64 | 0,19 | 0,37 |
| Graphit . . | 2,57 | Spur | Spur | Spur | Spur |
| Silicium . . | 2,26 | 0,955 | 0,47 | Spur | Spur |
| Schwefel . . | 0,107 | 0,098 | 0,098 | 0,098 | 0,090 |
| Phosphor . . | 0,073 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,056 |
| Mangan . . | 0,044 | Spur | Spur | Spur | 0,54 |

Diese Charge ist auf dem Werke des Herrn John Brown zu Sheffield angeblasen und durch den Chemiker dieses Werkes, Herrn Elliot Barker, analysirt worden.

2) Analyse b.

| | Charge % | 6 Minuten % | 12 Minuten % | Fertig vor Spiegeleisenzusatz % | Nach dem Spiegeleisen % |
|---|---|---|---|---|---|
| Graphit . . | 3,180 | .... | .... | .... | .... |
| chemisch geb. Kohlenstoff | 0,75 | 2,465 | 0,449 | 0,087 | 0,234 |
| Silicium . . | 1,960 | 0,443 | 0,112 | 0,028 | 0,033 |
| Phosphor . . | 0,040 | 0,040 | 0,045 | 0,045 | 0,044 |
| Mangan . . | 3,460 | 1,645 | 0,429 | 0,113 | 0,139 |
| Schwefel . . | 0,018 | Spur | Spur | Spur | Spur |
| Kupfer . . | 0,085 | 0,091 | 0,095 | 0,120 | 0,105 |
| Eisen . . . | 90 | 95,316 | 98,370 | 99,607 | 99,445 |

Beide hier mitgetheilten Chargen verhalten sich ähnlich zu einander, wie die beiden durch Herrn Schemmann graphisch dargestellten. Zunächst zeigt sich, dafs schon 6 Minuten nach dem Anblasen der Graphit entweder ganz verschwunden oder nur noch spurweise nachgewiesen wird, der

chemisch gebundene Kohlenstoff sich dagegen entsprechend vermehrt hat.

Bei der Analyse a waren anfänglich $1,_{00}$ % chemisch gebundener Kohlenstoff und $2,_{57}$ % Graphit, im Ganzen also überhaupt $3,_{57}$ % Kohlenstoff vorhanden. Nach 6 Minuten wird Graphit nur noch in Spuren nachgewiesen, während $3,_{94}$ % chemisch gebundener Kohlenstoff vorhanden ist, im Ganzen jedoch $3,_{94} - 3,_{57} = 0,_{37}$ % Kohlenstoff mehr vorhanden ist, als anfänglich nachgewiesen war, d. h. der Graphit hat sich bis auf Spuren vollständig chemisch mit dem Eisen verbunden und 6 Minuten nach dem Anblasen noch nicht abgenommen. Der procentuale Kohlenstoffgehalt erscheint höher als am Anfange, weil das Eisenbad wegen Abbrandes der übrigen Stoffe Gewichtsverluste erlitten hatte und deshalb der Kohlenstoffgehalt, welcher seinem absoluten Gewichte nach sich nicht geändert hatte, dem procentualen Gehalt nach höher erscheinen mufste.

Bei der Charge b waren ursprünglich $0,_{750}$ % chemisch gebundener Kohlenstoff und $3,_{180}$ % Graphit nachgewiesen. Nach der 6ten Minute ist der Graphit vollständig verschwunden und dafür $2,_{465}$ % chemisch gebundener Kohlenstoff vorhanden. Im Ganzen war beim Beginn der Charge $3,_{930}$ % Graphit und chemisch gebundener Kohlenstoff nachgewiesen, mithin ist der Kohlenstoff 6 Minuten nach dem Anblasen um $3,_{930} - 2,_{465} = 1,_{465}$ % bereits geschwunden, d. h. der Graphit hatte gleich beim Beginn der Charge zu oxydiren angefangen und sodann rapide abgenommen; der nach 6 Minuten noch nicht oxydirte Graphit hatte sich chemisch mit dem Eisen verbunden.

Die Charge a würde mithin der graphischen Darstellung Fig. 1 und die Charge b der graphischen Darstellung Fig. 2 analog zu stellen sein. Demnach würde man die Charge a, wenn auch dieselbe noch nicht zu den besonders kalten zu rechnen ist, dennoch eine kalte und die Charge b eine heifse nennen können. Auffällig ist auch bei diesen Beispielen der grofse Mangel an Mangan bei a und der Manganreichthum bei b. Die Charge a enthält $0,_{044}$ % Mangan und $2,_{26}$ % Silicium, zusammen also $2,_{304}$ % Mangan und Silicium. Die Charge b enthält $3,_{460}$ % Mangan und $1,_{960}$ % Silicium, zusammen also $5,_{42}$ % Mangan und Silicium, oder mehr als das Doppelte wie die Charge a. Aus diesem Grunde ist gleich wie bei der graphisch anschaulich gemachten Charge Fig. 2 der Procefs bedeutend heifser verlaufen, als der der Charge ad a. Es ist somit nachgewiesen, dafs bei kalten Chargen verhältnifsmäfsig lange der Kohlenstoff ohne zu oxydiren in beträchtlichem Maafse chemisch mit dem Eisen gebunden bleibt und solcherweise mit dem Eisen einen frühzeitigen hochgekohlten Stahl bildet. Stahl verbrennt leichter als Eisen, hochgekohlter Stahl schneller als verhältnifsmäfsig niedriggekohlter, und in diesem Umstande ist der Grund zu suchen, weshalb sich bei kalten Chargen leichter Eisenoxydul bildet, als bei heifsen. Je länger der Beginn der Oxydation des Kohlenstoffes im Converter auf sich warten läfst, d. h. je kälter die Charge verläuft, desto gröfser wird mithin die Gefahr, dafs der Stahl so zu sagen schon im Converter mehr oder weniger verbrennt. Ein solcher in der Charge verbrannter Stahl ist zwar nach Angabe des Ingenieur Schemmann in der Kälte sehr weich, zeigt sich aber in höherer Temperatur vollständig unbehandelbar, weil derselbe bei der Bearbeitung in solcher Temperatur eine Menge Risse und Sprünge bekommt und auch wohl ganz in Stücke und Krümel zerfällt. Zwischen einem solchen im Converter völlig verbrannten Stahl und einem solchen, in welchem sich nur eine verhältnifsmäfsig geringe Menge von aufgelöstem Eisenoxydul befindet, ist eine lange Scala von Uebergängen denkbar, und man darf demnach den Schlufs ziehen, dafs wenn auch verhältnifsmäfsig nur wenig Eisenoxydul nach Beendigung der Charge aufgelöst im Bade verblieben war, diese geringe Menge dennoch genügend war, bei der weiteren Verarbeitung des Ingots zu einem fertigen Stück dem Innern einzelne feine Risse zu geben, welche früher oder später Veranlassung zu Brüchen werden, und ist es hierbei wahrscheinlich, dafs zwar äufserlich glatte und anscheinend tadellose Schienen aus solchem Material entstehen, dieselben aber dennoch bereits den Anfang zum Bruch an irgend einer Stelle in sich tragen.

Bei stärkeren Beimischungen des Eisenoxyduls werden an den fertigen Fabrikaten die Risse namentlich an den Schienenfüfsen auch zu Tage treten.

Ich bemerke zu dem Obengesagten, dafs sorgfältige Fabrikanten die aus denselben Chargen gewonnenen Ingots mit demselben Chargenstempel versehen und dafs dann auch die fertigen Producte mit demselben Zeichen versehen werden.

Entstehen beim Gebrauch an einzelnen Schienen Brüche, so haben dann die Fabrikanten ein Mittel in der Hand, in dem Chargenbuch nachzusehen, ob die Charge regelmäfsig verlaufen war, oder ob bemerkenswerthe Vorkommnisse, auf welche der Schienenbruch zurückzuführen ist, zu verzeichnen gewesen waren.

Es läfst sich in sorgfältig geführten Chargenbüchern deshalb auch nachsehen, ob das Stahlproduct, aus welchem eine gebrochene Schiene gefertigt war, aus einer kalten Charge herrührte, wie das Mischungsverhältnifs des Roheisens war, aus dem das Stahlproduct gewonnen war, und ob auf Eisenoxydul im fertigen Product geschlossen werden kann oder nicht. Ich hebe hierbei hervor, dafs mir auf einem Werke einige Male, wenn eine gebrochene Schiene zurückgegeben war, mitgetheilt wurde, dafs bei der Charge, von welcher die quäst. Schiene abstammte, sich keine Unregelmäfsigkeit ereignet habe, und dafs deshalb der Bruch auf die äufsere Behandlung der Schiene zurückgeführt werden müsse.

### c. Die Wirksamkeit des Mangans.

Um nun das Eisenoxydul, welches sich im Eisenbade aufgelöst befindet, zu reduciren, sind am Ende des Processes Zusätze erforderlich. Als solche wird in der Regel ein möglichst manganhaltiges Spiegeleisen oder auch sogenanntes Ferromangan genommen, weil das Mangan eine gröfsere Verwandtschaft zum Sauerstoff, als das Eisen hat, und der Gehalt an diesem Stoff deshalb hauptsächlich auf die Reducirung des Eisenoxyduls hinwirkt. Ein verhältnifsmäfsig starker Gehalt an Mangan bewirkt mithin eine heifse Charge, schützt deshalb das Eisen gegen das Oxydiren und fördert gleicher Weise die Oxydation des Kohlenstoffes am Anfang des Processes. Bei kalten Chargen am Ende des Processes zugesetzt, reducirt es das entstandene Eisenoxydul und reinigt mithin das Bad. Aufser diesen vorzüglichen Eigenschaften besitzt es noch die, eine leichtflüssige Schlacke zu bilden und dadurch die Silicium- und Schwefelabscheidung zu fördern. Der Mangangehalt gehört deshalb zu den wich-

tigsten Bestandtheilen des Bessemer-Roheisens. Diese Ansicht wird sich bei einem Vergleiche beider Chargen als richtig erweisen. Es zeigte sich, wie der Ingenieur Schemmann versicherte, dafs der Abbrand des Eisens in der kalten Charge am Ende der Charge bedeutend stärker war, als bei der heifsen Charge Fig. 2. Herr Schemmann hat nämlich versucht, den Gehalt an oxydirtem (d. h. verbranntem) Eisen, welcher in beiden Chargen zur Schlacke gegangen war, zu ermitteln, und bei diesem Versuche gefunden, dafs sich bei der kalten Charge Fig. 1 das Gewicht des verschlackten Eisens (also excl. des im Bade aufgelösten und später durch Zusatz von Spiegeleisen zu reducirenden Eisenoxyduls) $1,_{66}$ bis $2,_{25}$ % betrug, während bei der heifsen Charge Fig. 2 der Gehalt an verschlacktem Eisen nur $0,_{6}$ % betrug.

Aufser den gedachten guten chemischen Einwirkungen des Mangans auf den Verlauf des Processes wirkt dasselbe, wie die unten nachfolgenden Versuche zu zeigen scheinen, sehr wahrscheinlich veredelnd auf den fertigen Stahl, und zwar scheint ein starker Mangangehalt dem fertigen Product einerseits Weichheit und grofse Zähigkeit zu verleihen und andererseits die nachtheiligen Aeufserungen des Siliciums und des Phosphors im fertigen Product zu neutralisiren. Weiter unten wird sich zeigen, dafs gerade diejenigen Versuchsstücke, an denen die Versuche am meisten befriedigten, auch den meisten Mangangehalt besitzen. Bei stark manganhaltigem Bessemer-Roheisen wird der Zusatz von Spiegeleisen oder Ferromangan am Ende der Charge häufig nicht gegeben. Die Charge Fig. 2 hat am Ende keinen Zusatz von Spiegeleisen oder Ferromangan erhalten. Aber auch bei heifsen Chargen empfiehlt es sich, am Ende des Processes dem Bade Spiegeleisen oder Ferromangan beizumischen, um den durch Abbrand reducirten Mangangehalt wieder zu verstärken, resp. diejenige Menge von Eisenoxydul, welche sich während des Processes gebildet haben sollte, zu reduciren.

#### d. Die Wirksamkeit des Siliciums.

Das Silicium ist für den Anfang des Processes von Wichtigkeit, weil es beim Verbrennen eine grofse Hitze erzeugt und deshalb in Gemeinschaft mit dem Mangan auf eine grofse Anfangshitze, mithin auf eine heifse Charge hinwirkt. Dasselbe mufs aber im Verlaufe des Processes möglichst aus dem Eisen ausgeschieden werden, weil anderen Falles, wie sich unten ergeben wird, der fertige Stahl durch dasselbe spröde wird. Die graphischen Darstellungen zeigen, dafs der Siliciumgehalt schnell während des Processes schwindet und namentlich dann, wenn reichhaltiger Mangangehalt vorhanden ist. Die Fabrikanten haben es daher in der Hand, diesen Körper möglichst vollkommen aus dem Eisen zu vertreiben. Ein Roheisen, welches einen geringen Gehalt von Silicium anfänglich hat, scheint zum Verbessemern nicht sehr geeignet zu sein, weil dasselbe kalte Chargen und alle nachtheiligen Folgen derselben, namentlich auch dann nach sich zieht, wenn das Roheisen arm an Mangan ist.

Ein Blick auf die graphischen Darstellungen vorzugsweise bei Fig. 2 zeigt, dafs am Ende des Processes nur wenige Secunden genügen würden, um den Gehalt an Silicium ganz bedeutend herabzumindern.

Aus dieser bildlichen Darstellung ist auch ersichtlich, dafs sehr wahrscheinlich bei einem Product, dessen Analyse einen ziemlich hohen Grad von Silicium zeigt, der Procefs im Converter etwas zu früh abgebrochen wurde, was jedenfalls als ein Fehler in der Production anzusehen ist.

#### e. Die Wirksamkeit des Kohlenstoffes.

Von wie grofser Wichtigkeit für die Erzeugung eines guten Productes das Verhalten des Kohlenstoffes im Converter ist, haben wir bereits gesehen, und bleibt nur noch übrig, einiges über die Wirksamkeit dieses Stoffes im fertigen Product nachzuholen.

Nach den weiter unten in Anlage II gegebenen Analysen ist der Kohlenstoffgehalt des fertigen Bessemermaterials aufserordentlich verschieden, nach den hier mitgetheilten Ermittelungen in minimo $0,_{194}$ und in maximo $0,_{703}$ %. Der Kohlenstoffgehalt macht das Material hart, ohne die Zähigkeit desselben, wenigstens in den beobachteten Grenzen, zu beeinträchtigen. Die vorliegenden Versuche ergeben, dafs gerade das züheste Material einen hochgradigen Kohlenstoffgehalt zeigt.

#### f. Das Verhalten des Schwefels.

Der Schwefel brennt anfänglich ziemlich rapide bis zu einer gewissen Grenze ab, von da ab aber bleibt der Gehalt an diesem Stoff ziemlich constant. Eine geringe Menge Schwefel scheint das Product nicht zu schädigen. Im Allgemeinen läfst sich anführen, dafs Schwefel das Material rothbrüchig macht, und würde demnach ein zu starker Schwefelgehalt beim letzten Gang durch die Walze Fufseinrisse an den Schienen verursachen. Da aber Schienen, welche bei der Erzeugung Fufsrisse erhalten haben, bei der Abnahme wohl von jeder Verwaltung zurückgewiesen werden und im Uebrigen der Schwefelgehalt das Material zwar rothbrüchig, aber nicht kaltbrüchig macht, so ist der Gehalt an diesem Stoff für den Eisenbahntechniker von keiner nennenswerthen Bedeutung.

#### g. Die Wirksamkeit des Phosphors.

Ganz hartnäckig verhält sich während des Processes im Converter der Phosphor. Dieser Körper bewahrt seine absolute Gewichtsmenge, welche vor dem Anblasen vorhanden war, bis zum Ende des Processes. Da dieser Körper das Eisen kaltbrüchig macht, so ist derselbe als der schädlichste Stoff sowohl im Roheisen als im fertigen Stahlproduct zu bezeichnen. Etwas Phosphor findet sich in jedem Roheisen vor, aber nur diejenigen Roheisensorten, welche sehr arm an Phosphor sind, eignen sich zur Stahlbereitung.

Der stärkste Phosphorgehalt, welcher in den nachfolgenden Beispielen nachgewiesen wird, beträgt $0,_{184}$ % und der geringste $0,_{083}$ %.*)

Stahlschienen-Lieferungen, deren Phosphorgehalt sich innerhalb dieser Grenzen bewegt, haben sich auf der Westfälischen Bahn im Betriebe noch gut bewährt; einzelne

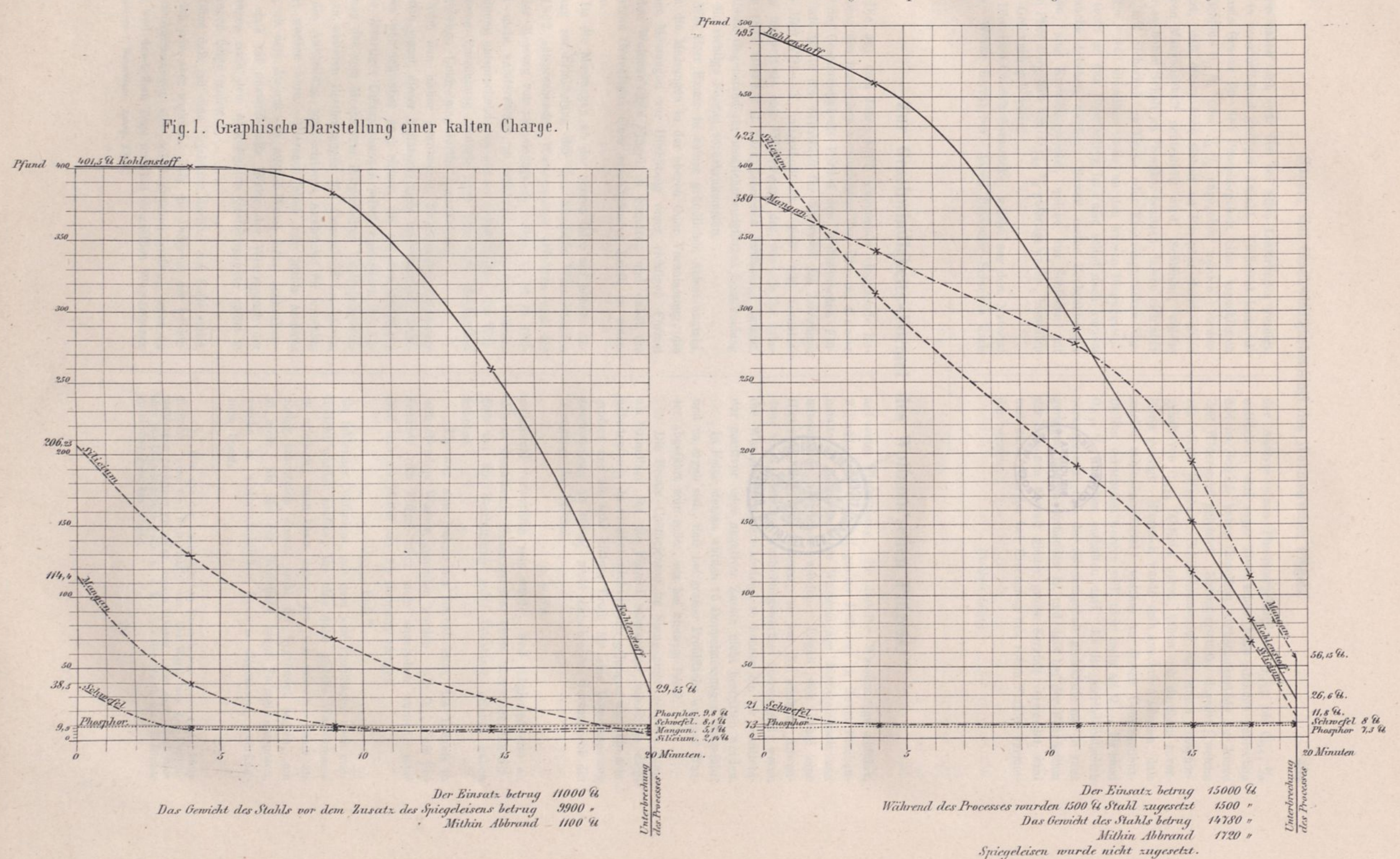
*) Ganz neuerdings ausgeführte Analysen von dem Material einer im December 1875 gebrochenen Schiene, welche aus einer Lieferung des Jahres 1867 stammte, weist sogar den ganz aufserordentlich hohen Phosphorgehalt von $0,_{255}$ % nach. Nach der Analyse enthält das Material der gebrochenen Schiene

| | |
|---|---|
| Eisen . . . | $98,_{623}$ %, |
| Mangan . . | $0,_{429}$ %, |
| Kohlenstoff . | $0,_{337}$ %, |
| Silicium . . | $0,_{198}$ %, |
| Phosphor . . | $0,_{255}$ %. |

Die betreffende Schienenlieferung hat gegen andere Lieferungen verhältnifsmäfsig viele Brüche aufzuweisen. Die Brüche scheinen auf den hohen Phosphorgehalt und den hohen Siliciumgehalt zurückgeführt werden zu müssen. Der Verfasser.

# Graphische Darstellungen über den Verlauf des metallurgischen Processes im Converter.

[Bessemerprocess.]






Lith. Anst. v. W. Loeillot in Berlin.

Brüche haben sich zwar fast bei allen Lieferungen gezeigt, aber in verschwindend geringer Anzahl. Vielleicht kann als äufserste Grenze für den Phosphorgehalt einer brauchbaren Stahlschiene $0,_2$ % oder $^1/_5$ % angegeben werden, vorausgesetzt, dafs dieser hohe Gehalt an Phosphor durch einen höheren Mangangehalt neutralisirt wird. Schienen, welche einen so hohen Gehalt an Phosphor besitzen, lassen sich aber nicht mit Sicherheit zu Herz- oder Kreuzungsstücken verarbeiten, weil dieselben theils an den kurzen Biegungsstellen, theils an den Bohrlöchern im Fufse selbst nach kurzem Gebrauche brechen würden. Soweit meine Beobachtungen reichen, sind Kreuzungsstücke, welche aus Schienen mit einem Phosphorgehalt von $0,_{133}$ % gefertigt waren, bisweilen beim Gebrauch gebrochen.

Dieselben Constructionsstücke, welche aus dem Material solcher Werke herrührten, deren Bessemer-Schienen nach der Analyse einen Phosphorgehalt von $0,_{155}$ bis $0,_{164}$ % enthielten, sind sogar öfters schon beim Abladen gebrochen und im Betrieb haben dieselben verhältnifsmäfsig nur kurze Zeit Widerstand geleistet. Kreuzungsstücke dagegen, welche aus einem Bessemer-Schienenmaterial mit einem Phosphorgehalt von $0,_{116}$ fabricirt waren, haben sich durchaus zuverlässig gezeigt. Hiernach würde man annehmen können, dafs solches Schienenmaterial, welches zu diesen Constructionstheilen verarbeitet werden soll, nicht mehr als $0,_{116}$ bis rund $0,_{120}$ % Phosphor enthalten darf. Es ist hierbei natürlich vorausgesetzt, dafs der Siliciumgehalt gleichfalls nur in ganz geringen Spuren vorhanden ist und dafs bei der Fabrikation der Schienen überall gleich grofse Sorgfalt verwendet wird und kalte Chargen bei Erzeugung des rohen Stahles vermieden werden.

(Schlufs folgt.)

---

# Zur Geschwindigkeits-Formel des Woltman'schen Flügels.

Die aus dem Jahre 1869 stammende eingehende Bearbeitung des inzwischen verstorbenen Bau-Director Exner über die Geschwindigkeits-Formel des Woltman'schen Flügels, wie sie in der Zeitschrift für Bauwesen im Jahrgange 1875 Heft VIII — X mitgetheilt ist, giebt mir Veranlassung, insoweit sie eine Widerlegung der von mir im Jahrgange 1874 Heft I u. II nachgewiesenen Auffassung enthält, auf diesen Gegenstand zur möglichst endgiltigen Entscheidung über die richtige Formel zurückzukommen.

Wie Herr Exner in seiner gründlichen Arbeit angiebt, geben die Messungen in der oberen Oder Veranlassung, die eigenen Messungen zur Herleitung einer richtigen Formel für den Woltman'schen Flügel zu benutzen und dabei die bisherigen Grundlagen einer erschöpfenden Kritik zu unterziehen.

Da die Messungen an der oberen Oder auf höhere Anordnung zur Ermittelung der den kleinsten Wasserständen von 1862 entsprechenden Wassermassen erfolgten und die Art der Messung von mir angegeben wurde, so ist es vielleicht nicht uninteressant zu erfahren, dafs der höheren Anordnung entsprechend, es genügt haben würde, die Wassermassen-Berechnung einfach nach dem vom Mechanikus angegebenen Umdrehungswerthe vorzunehmen.

Nach den bisher gewonnenen Erfahrungen vermochte ich mich jedoch dieser Auffassung nicht anzuschliefsen. Andererseits war ich aber auch sicher, da bei dem damaligen Stande derartiger Untersuchungen selbst Autoritäten die Anwendung des vom Mechanikus festgestellten Umdrehungswerthes zu weiteren Bestimmungen für ausreichend erachteten, dafs die Aufstellung complicirterer Ausdrücke für unnöthig erklärt worden wäre. Hiernach blieb mir nichts Anderes übrig, als dem Auftrage in solcher Weise direct nachzukommen, dafs auf unzweifelhafte Weise der Widerspruch der Messungen nach dem aufgestellten Gesichtspunkte sofort in die Augen fallen mufste.

Ohne dafs mir eine Erfahrung darüber zur Seite stand, sagte ich mir aber sogleich, dafs die Differenz der beiderseitigen Auffassungen sich sofort ergeben müfste, wenn an einem und demselben Tage und bei demselben Wasserstande auf einer Flufsstrecke, die dieselbe Wassermenge abführt, 2 Profile von möglichst grofser Differenz in ihrem Flächeninhalte in Bezug auf die Wassermenge durchgemessen und miteinander verglichen würden. Ergab sich dabei eine Gleichheit der Wassermassen, so war die einfache Anwendung eines constanten Umdrehungswerthes ausreichend; waren die Wassermassen verschieden, so konnte ein zu ermittelnder positiver oder negativer Zusatz nicht bestritten werden.

In Folge dessen wurden 15 Doppelmessungen ausgeführt und es ergab sich, dafs bei grofser Profilfläche weniger Wasser abgeführt sein sollte, als bei kleinem Profil.

Die Ersatz-Coëfficienten im Sinne einer geraden Linie als Grundlage für die Formel schwankten allerdings nicht unbedeutend; da es aber nicht immer gelungen war, ein sehr grofses und ein sehr kleines Profil für eine Doppelmessung auszuwählen, so konnte nicht entschieden werden, ob die Grundlage der Formel

$$\alpha + \beta n$$

gleichwohl verwerflich sein würde, weil möglicherweise an sich zu gestattende Messungsfehler einen überwiegenden Einflufs auf die Bestimmung jeder Constante erlangt haben konnten.

Es war nun früher bei Durchziehung des Flügels in stillstehendem Wasser gefunden worden, wie $0,_{35}$ Fufs pro Secunde vom Flügel nicht mehr angegeben wurden; jetzt fand sich als Mittel aus 15 Doppelmessungen

$0,_{3528}$ Fufs*)

als fehlender Coëfficient, mit dem jede Profilfläche noch multiplicirt werden mufste, um eine nahe gleiche Wassermasse zu erhalten; man kann daher den von mir bis dahin als nöthig erachteten Zusatz wohl für begründet halten, um so mehr, als sie der Grundlage einer Formel entsprach, welche in wissenschaftlichen Kreisen allgemeine Anerkennung besafs.

*) Wie aus der nachfolgenden Betrachtung hervorgeht, hätte übrigens, wenn $0,_{35}$ Fufs richtig war, der Werth aus den Doppelmessungen niedriger gefunden werden müssen. Man darf jedoch hier eher das Umgekehrte annehmen, d. h., dafs der Werth $0,_{35}$ Fufs eher zu niedrig gefunden wurde.

In der Zeitschrift für Bauwesen 1874 Heft I u. II ist nun von mir nachgewiesen, dafs die von den Franzosen gewählte Grundlage einer Parabel für die Umdrehungszahlen auf einer bestimmten Strecke in ruhigem Wasser für die verschiedenen Beobachtungszeiten an sich richtig ist, wenn die Achse in die 0 Zeit hineingelegt wird.

Von Hrn. Exner ist jedoch dieselbe Grundlage verworfen worden, weil eine Beobachtung für 0 Umdrehungen mit dieser Annahme nicht in Uebereinstimmung zu bringen ist. Er hat in Folge dessen nachzuweisen gesucht, dafs die Grundlage einer Ellipse besser den Beobachtungen entspreche.

Dies giebt mir Veranlassung, den Vergleich nochmals aufzunehmen, weil derselbe diese Schlufsfolge keineswegs gestattet.

An sich ist es gewifs auffallend, wenn Hr. Exner bei 600 Secunden Dauer der Beobachtung für das Durchziehen des Flügels durch 200 Fufs Länge im stillstehenden Wasser keine Bewegung findet, während 17 Beobachtungen bei einer Zeitdauer von 600 Secunden auf 16 Umdrehungen, also auf erheblich mehr, hinweisen.

Es wäre eher zulässig gewesen, bei 600 Secunden mehr Umdrehungen als 16 wahrzunehmen, weil die Art und Weise der Bewegung des Flügels im stillstehenden Wasser eine gröfsere Zahl der Umdrehungen erklären läfst. Sollte es aber, da nur **eine** Beobachtung vorliegt, nicht möglich gewesen sein, dafs ein Zahn der Schraube ohne Ende einen Zahn des Zahnrades und nicht die Lücke getroffen haben kann, so dafs beim Anziehen des Getriebes und bei der schwachen Fortbewegung des Flügels eine Fortbewegung des Zahnrades unmöglich wurde? Bei dieser Möglichkeit, die ja auch bei schärferen Geschwindigkeiten bei Strommessungen beobachtet wird, wird man kaum zugeben können, dafs das Gesetz, welches 17 Beobachtungen erkennen lassen, durch eine einzige umgeworfen werden darf, namentlich wenn es gelingt, die anderweit beschaffte Grundlage als weniger zutreffend nachzuweisen.

Offenbar darf man aber für eine solche Beweisführung fordern, dafs, wenn wie im vorliegenden Falle die 18. Beobachtung die Grundlage nicht unterstützt, bei entsprechender Wahl einer neuen Grundlage diese für die 17 zu Grunde gelegten Beobachtungen auch eine gröfsere Nähe der beobachteten und berechneten Werthe als bei der ersten Grundlage nachzuweisen habe. Von einer solchen Forderung wird man nur abgehen können, wenn statt einer, **mehrere** aufserhalb liegende Beobachtungen den Widerspruch unterstützen.

Zunächst wiederhole ich (auf der folgenden Spalte oben) in tabellarischer Uebersicht die Resultate nach Exner für die Parabel und Ellipse.

| $t$ Zeit in Secunden | $N$ Umdrehungen | Oderflügel (Exner) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Parabel | | | Ellipse | | |
| | | $N$ berechn. | Differenz | Fehlerquadrate | $N$ berechn. | Differenz | Fehlerquadrate |
| 45 | 63 | 62,573 | + 0,427 | 0,1823 | 62,332 | + 0,668 | 0,4462 |
| 46 | 63 | 62,562 | + 0,438 | 0,1918 | 62,320 | + 0,680 | 0,4624 |
| 65 | 62 | 62,289 | — 0,289 | 0,0835 | 62,095 | — 0,095 | 0,0090 |
| 73 | 62 | 62,146 | — 0,146 | 0,0213 | 61,977 | + 0,023 | 0,0005 |
| 78 | 62 | 62,048 | — 0,048 | 0,0023 | 61,896 | + 0,104 | 0,0108 |
| 80 | 62 | 62,008 | — 0,008 | 0,0001 | 61,860 | + 0,140 | 0,0196 |
| 100 | 61 | 61,542 | — 0,542 | 0,2938 | 61,473 | — 0,473 | 0,2237 |
| 127 | 61 | 60,750 | + 0,250 | 0,0625 | 60,805 | + 0,195 | 0,0380 |
| 135 | 60 | 60,479 | — 0,479 | 0,2294 | 60,576 | — 0,576 | 0,3318 |
| 230 | 57 | 55,996 | + 1,004 | 1,0080 | 56,636 | + 0,364 | 0,1325 |
| 324 | 48 | 49,262 | — 1,262 | 1,5926 | 50,141 | — 2,141 | 4,5839 |
| 360 | 46 | 46,079 | — 0,079 | 0,0062 | 46,757 | — 0,757 | 0,5730 |
| 380 | 44 | 44,165 | — 0,165 | 0,0272 | 44,599 | — 0,599 | 0,3588 |
| 390 | 43 | 43,170 | — 0,170 | 0,0289 | 43,434 | — 0,434 | 0,1884 |
| 410 | 42 | 41,101 | + 0,899 | 0,8082 | 40,908 | + 1,092 | 1,1925 |
| 420 | 42 | 40,028 | + 1,972 | 3,8889 | 39,534 | + 2,466 | 6,0812 |
| 440 | 36 | 37,804 | — 1,804 | 3,2544 | 36,523 | — 0,523 | 0,2735 |
| 600 | 0 | | | | | | |
| | | | — 4,992 | 11,6814 | | — 5,598 | 14,9258 |
| | | | + 4,990 | | | + 5,732 | |
| | | Differenz | — 0,002 | | Differenz | + 0,134 | |

Stellt man die blofsen Differenzen zusammen, so ergiebt sich für die Parabel

$$
\begin{array}{r}
+ 4,990 \\
- 4,992 \\
\hline
\text{Differenz} \; - 0,002,
\end{array}
$$

für die Ellipse

$$
\begin{array}{r}
+ 5,732 \\
- 5,598 \\
\hline
\text{Differenz} \; + 0,134.
\end{array}
$$

Hiernach sind die Differenzen für die Parabel geringer als für die Ellipse; man würde also hieraus folgern dürfen, dafs die Parabel die Beobachtungen besser durchschneidet, als die Ellipse; hierzu kommt, dafs die Summen der positiven und negativen Differenzen bei der Parabel kleiner sind, als bei der Ellipse.

Nimmt man jetzt die Summen der Fehlerquadrate zum Vergleich, so ergiebt die Parabel als

Summe . . 11,6814

die Ellipse . . 14,9258

und der mittlere Fehler der Beobachtungen ist nach der Parabel

$$= \sqrt{\frac{\Sigma\,(x^2)}{m-n}} = \sqrt{\frac{11,6814}{(17-2)}} = 0,88249$$

und nach der Ellipse

$$\sqrt{\frac{14,9258}{(17-2)}} = 0,99752 \text{ Umdrehungen.}$$

Da nun diejenige Curve den Beobachtungen am nächsten ist, welche die kleinste Summe der Fehlerquadrate aufweist, oder den kleinsten mittleren Fehler ergiebt, so ist nach den Ermittelungen an der Oder die Parabel die richtigste Grundlage für die Feststellung der Woltman'schen Flügelformel, wie dies auch von mir im Jahrgange 1874 für den Saale-Flügel nachgewiesen ist.

Wenn nun auch nach der Exner'schen Behandlung sich herausstellt, dafs die Kritik meiner Abhandlung in einer Fach-Zeitung sich es etwas leicht gemacht hat, wenn sie an den berühmten Ausspruch eines geistreichen Architekten erinnert: Nichts leichter als das!; so würde es doch unzweifelhaft zweckmäfsig gewesen sein, auch die Ellipse als Grundlage einer Berechnung für den Saale-Flügel zu unterziehen. Es geschah dies aus folgender Betrachtung nicht.

Sowohl die Beobachtungen an der Saale, wie die an der Oder lassen erkennen, dafs beim Durchziehen des Woltman'schen Flügels durch eine bestimmte Länge in stehendem Wasser die Umdrehungszahlen weniger schwanken, je schneller der Flügel die Strecke durchläuft; dagegen werden die Bestimmungen unsicherer, je langsamer der Flügel bewegt wird.

Umschliefst man die graphisch aufgetragenen Resultate, welche zu einem Ausscheiden keine Veranlassung bilden, mit der nächsten Umhüllungscurve, so erhält man etwa das Bild eines äusserst schwach gebogenen Kometen, dessen Kern nach der Richtung der 0 Zeiten, dessen Schweif nach der Richtung der 0 Umdrehungen zu suchen ist, insofern die Beobachtungen in der Nähe des Kerns weniger von einander abweichen, als am Schweif, für welchen die gröfsten Abweichungen gefunden werden.

Aus dieser Wahrnehmung darf man aber wohl, da die Curvenbewegung nur nach einer Richtung sich scharf darstellt, schliefsen, dafs es nur eine Achse giebt und diese höchst wahrscheinlich da liegt, wo die Beobachtungen sich am meisten nähern, also in der Achse der 0 Zeiten.

Es wurden daher zur Entscheidung der Frage der Achsenlage die Beobachtungen nach der Parabel untersucht und zwar

1) mit der Achse in den 0 Umdrehungen,
2) - - - - - - 0 Zeiten.

Hätten nun beide Untersuchungen auf einen nahe gleichen mittleren Fehler geführt, so hätten dieselben offenbar auf die Grundlage einer Ellipse gewiesen.

Vielmehr ergab die Parabel mit der Achse in den 0 Zeiten die geringsten mittleren Fehler, es erschien daher eine Untersuchung, wie sie Exner ausgeführt hat, nicht unbedingt nothwendig. Es kommt hinzu, dafs auch die Untersuchung des Einflusses des Wassers auf die Umdrehungsbewegung dazu nicht aufforderte.

Wird der Woltman'sche Flügel auf einer bestimmten Strecke schnell durch stehendes Wasser gezogen, so bildet das Wasser gleichsam eine feste Masse und der Flügel mufs der Flügellage entsprechend sich durchschneiden.

Findet aber eine langsame Bewegung statt, so ist das Wasser im Stande, der Bewegung des Flügels nach Maafsgabe der Langsamkeit auszuweichen, die Reibung gewinnt die Oberhand und auf derselben Strecke erfolgen also weniger Umdrehungen.

Hierzu kommt, dafs gemeinhin die Flügelflächen eine bestimmte Neigung, z. B. unter 45°, haben und nicht der Bewegung des Wassers entsprechend windschief construirt sind.

In diesem Falle durchschneidet der Flügel das Wasser nicht richtig; vielmehr bildet er auf der Rückseite theils gedrückte, theils wirbelnde Wasserflächen, welche auf seine Bewegung offenbar den meisten Einflufs gewinnen, wenn der Flügel sehr langsam gezogen wird oder das Wasser sehr langsam fliefst.

Am Exner'schen Oderflügel waren aber die Flügelflächen nicht einmal mit gleicher Neigung construirt, man kann daher annehmen, dafs dies bei der kleinsten Flügelbewegung von grofsem Einflufs sein mufste.

Diese drei Einflüsse bei langsamer Bewegung des Flügels:

1) die mögliche Ausweichung des Wassers,
2) die Reibung des Instruments,
3) die Flügel-Construction selbst bei einfach geneigter Flügelfläche

lassen aber erkennen, dafs die Sicherheit der Beobachtung der Umdrehungszahl von den 0 Zeiten nach der 0 Umdrehung allmählig abnehmen mufs, dafs also die Curve, welche anzunehmen ist, vom Anfangspunkt in demselben Sinne sich, immer unsicherer werdend, verläuft. Es erschien daher nicht gut, eine Curve mit 2 Achsen zu Grunde zu legen, bei welcher die Krümmung auch nach dem Auslaufe der 0 Umdrehungen scharf zunimmt, wenngleich die grofsen Differenzen in den Beobachtungen hier anscheinend den gröfsten Spielraum lassen.

Sasse.

---

# Die Propyläen des Appius Claudius Pulcher in Eleusis.

(Mit Zeichnungen auf Bl. 63 im Atlas.)

Die in den Aufnahmen der Dilettanti veröffentlichten Denkmale in Eleusis enthalten unter anderem die Antenkapitäle der dortigen Propyläen des Appius Claudius in etwas eigenthümlicher Formenbildung und einen ebenso eigenthümlichen Wiederherstellungsversuch derselben.

Die so schönen und eigenartig entworfenen Kapitäle sind nach der Darstellung in der genannten Veröffentlichung beinahe in allen kunstgeschichtlichen Werken als Holzschnitt oder Stahlstich dem Texte erklärend beigegeben, oder ein anderer Wiederherstellungsversuch, aus Boetticher's Tektonik entnommen, ist aufgeführt. Beide dürften keinen Anspruch auf Uebereinstimmung mit dem ursprünglichen Zustande machen.

Die Dilettanti fanden s. Z. nur die Antenkapitäle in sehr stark zerstörtem Zustande und ergänzten in ziemlich geschmackloser Weise die fehlenden Eckbildungen durch Greifen, deren Füfse hinter den Akanthosblättern zum Theil verborgen.

Dieser Wiederherstellungsversuch wurde von Hittorff schon angezweifelt, der in richtigem Gefühle geflügelte und gehörnte Löwen verlangte. In diesem Sinne ist auch das Kapitäl in den „Vorbildern für Fabrikanten und Handwerker Abthl. I, Blatt 5ᵇ" wiederhergestellt gezeichnet, nur entsprechen hier die Fufsbildungen nicht dem Originalwerke.

In Boetticher's Tektonik ist ein Gorgonenhaupt mit eigenthümlichen Rosettenflügeln gegeben, eine Bildung, die in alle Lübke'schen Bücher aufgenommen ist. Welche Anhaltspunkte für diesen Wiederherstellungsversuch maafsgebend waren, ist mir nach dem Befunde des Originalwerkes an Ort und Stelle unklar geblieben.

Bei den von F. Lenormant 1860 in Eleusis gemachten Ausgrabungen (Revue de l'Architecture 26 vol.) wurden die inzwischen wieder verschütteten Antenkapitäle von Neuem ausgegraben, nebst einem „gut" (?) erhaltenen Säulenkapitäle, das den brittischen Forschungen entgangen war. Jetzt liegen auf der Trümmerstätte 2 grofse Kapitälkelche, ein kleines Eckfragment, die alle „Löwenwidderbildung" auf den Ecken anzeigen. Nahe der ersteren, in niedriger Hütte (Museum) von einem Custoden bewacht, sind viele interessante Trümmer, Ornamente, Architekturtheile, Figuren und

Figurenreste, bunt durch- und übereinandergeworfen, aufgehäuft. Hier liegt ein Eckstück mit der schön erhaltenen Kopfbildung und noch ein zweites kleineres Fragment derselben Gattung, welch' ersteres meine Aufnahme wiedergiebt und mit der Lenormant'schen übereinstimmt. Lenormant, der bis jetzt am getreuesten das Kapitäl wiedergegeben, läfst übrigens die Chimären auf dem Umschlag der Akanthosblätter hocken, die Tatzen auf das Blatt gestellt, was mir nach den Originalbruchstücken unrichtig erscheint. Die Fufsansätze sind bei Lenormant zu hoch angegeben und nicht in Uebereinstimmung mit der Wirklichkeit, es ist zwischen Akanthosumschlag und der Bruchfläche des Fufses nicht soviel Raum, um eine derartig hockende Stellung zu ermöglichen, und halte ich demnach eine sprungbereite Haltung der Füfse nach den Muskelansätzen und dem Raume für allein möglich und richtig.

Das Ranken- und Blumenornament, welches hinter den Flügeln der Chimären herauswachsend den oberen Kelchring des Kapitäles bedeckt, ist in allen Veröffentlichungen zu dünn und dürftig gezeichnet und in den Verschlingungen und Entwickelungen theils unrichtig, theils zu akademisch. Nach den Zeichnungen der Dilettanti glaubt man z. B. eine Metallarbeit und keine Marmorarbeit vor sich zu haben.

Das Gebälke dieser Propyläen (de la seconde enceinte nach Lenormant) war nicht weniger als die Kapitäle mit dem sonst Herkömmlichen in Uebereinstimmung, indem dasselbe aus einem jonischen Architrave mit Inschriften, einem Triglyphenfries mit Rosetten und Wahrzeichen des Cerescultus bestand, das wieder von einem weitausladenden, mit Zahnschnitten und glatten Modillons verzierten korinthischen Gesimse überkragt wurde.

Die Triglyphenbildung bedarf ebenfalls einer Berichtigung, indem diese nicht in der von Lenormant angegebenen Weise gestaltet ist, sondern nach beistehender Aufnahme (Bl. 63); die Schlitze gehen ununterbrochen bis zum vorstehenden Kopfbande der Triglyphe, eigenthümlich ist die Bildung der Scotia auf der Ecke.

Mit den feinen Gliederungen dieser Propyläen contrastiren merkwürdig die Detailbildungen der grofsen Propyläen, in der Anlage denen von Athen nachgebildet, im Einzelnen unendlich weit hinter denselben zurückstehend. Während wir in Athen die wunderbarste Technik und Formvollendung bewundern müssen, finden wir hier eine sehr rohe Behandlung der Einzelglieder in Zeichnung sowohl, als Ausführung. Die sogen. Eierstäbe an den jonischen Kapitälen zeigen z. B. nicht mehr die leicht geschwungene Rundung, sondern gehen unten in eine scharfe Spitze aus, während die Zwischenblätter hoch liegen und flach gebildet sind, wie dies in dem Werke der Dilettanti getreu wiedergegeben ist. Im Giebelfeld befand sich ein Rundmedaillon erhaben gearbeitet, die Büste eines geharnischten Mannes, wohl eines römischen Imperators, umschliefsend. Das Medaillon liegt an der Erde und zeigt eine reiche Umrahmung mit fortlaufenden Akanthosranken auf dem Viertelsstab, Stirn und Schädel der Büste ist beschädigt, während Gesicht, Bart, Haare und die geharnischte Brust gut erhalten sind. Die Büste war jedenfalls baarhäuptig und trug wohl nie diese Art von Bischofsmütze, welche ihr die Dilettanti in ihrer Veröffentlichung aufgesetzt haben.

Wir haben es hier mit keinem Monumente aus guter Zeit zu thun, sondern glauben der Annahme Lenormant's huldigen zu müssen, der es in das zweite Jahrhundert unsrer Zeitrechnung und zwar nach Hadrian's Regierung versetzt.

In einem früheren Aufsatze habe ich darauf hingewiesen, dafs die wundervoll goldgelbe Patina, welche die Oberfläche der Marmormonumente Attica's bedeckt, wahrscheinlich durch eine Flechte gebildet sei. Ich nahm bei meinem jetzigen Besuche ein Stück Marmor von der Akropolis in Athen mit, welches mein verehrter College, Herr Professor Knop, hier untersuchte. Ich gebe in Nachstehendem das Ergebnifs der Untersuchung:

„1) Ein Stück des Marmors mit Beschlag in Salzsäure gelöst, hinterläfst diesen, während jener sich bis auf kleine Mengen einer fremden Beimengung löst.

2) Die Lösung reagirt mit Ferrocyankalium nicht auf Eisen, und da der rostfarbene Beschlag sich in Säuren nicht löst, kann er nicht aus Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat bestehen.

3) Der Rückstand von der Lösung des Marmors besteht fast ganz aus scharf ausgebildeten, farblosen und durchsichtigen mikroskopischen Glimmerkrystallen von sechsseitigen Umrissen. Er war der Marmormasse einverleibt, denn man findet denselben Rückstand bei der Lösung von Stücken, deren oberflächliche Rinde abgeschliffen und gewaschen wurde. Der Glimmer, den man bei mikroskopischer Untersuchung der gelben Kruste findet, ist demnach nicht von aufsen als Staub hinzugeführt worden.

4) Die rostfarbene Kruste des Marmors ist durchaus organischer Natur. Wie es scheint, nehmen daran zweierlei Gebilde Theil: einmal eine kleine gelbe Flechte und ferner deutliche Protococcuszellen mit Chlorophyll-Inhalt. Es ist mir nicht ganz klar geworden, ob ein Theil von Zellenaggregaten die Fruktifikationen der Flechten sind, neben einem Protococcus, oder ob die Zellen alle einem Organismus angehören. Durch Erhitzen wird der Ueberzug geschwärzt.

[Aehnliche Krusten, aber von blutrother Farbe kommen auch bei uns auf dem Jurakalk Schwabens vor. Bei Immendingen und Möhringen fand ich solche, die aus einer roth gefärbten Flechte mit deutlichen Fruktifikationsorganen gemischt mit Protococcuszellen bestanden.]"

Carlsruhe im September 1875. Josef Durm.

---

# Ueber den Backstein.

Es gewährt einen eigenen Reiz, wenn man die belebten Strafsen einer alten volkreichen Stadt durchwandert und, die Häuserreihen musternd, alte und neue Zeiten in ihren verschiedenen Bauweisen verkörpert, friedlich und einträchtig neben einander sieht. Hier ragt das schmale, hohe Giebelhaus des Mittelalters empor; zahlreiche niedere Geschosse über einander zeichnen sich in den eng zusammengedrängten Fenstern ab, und setzen sich bis hoch in den

steilen Dachgiebel fort. Ein freundlicher Veteran aus fernen Jahrhunderten winkt es uns traulich zu, schwärzlich angehaucht von dem ernsten Odem der Jahrhunderte, bedeckt mit Narben und Wunden, welche das Alter und die Stürme wechselvoller Zeiten ihm geschlagen, aber sicher auf wohlgegründetem Fundamente ruhend. Hart daneben erhebt sich der langgedehnte moderne Miethpalast mit breiten und hohen Fenstern in weiter Axentheilung, bekrönt mit mächtigem, weit ausladendem Hauptgesimse, das Gesicht glatt und sauber ohne Verletzung der feineren Formen. — Die Lebensgewohnheiten der Menschen sind andere geworden im Laufe der Zeiten, die Wohnungen sind danach umgestaltet, auch die Bauformen, raumbildende und verzierende, zeigen sich starkem Wechsel unterworfen; althergebrachte Formen sind verlassen, um viel älteren aus dem Schutte der Vorzeit fernerer Länder wieder ans Licht gezogenen Bildungen, die als neu gelten, Raum zu geben, und gegen diese reagirt wiederum die wiederbelebte Gestaltung der altheimischen Formen. Eines aber bleibt in derselben Gegend der Hauptsache nach in den wechselnden Zeiten und Gewohnheiten doch dasselbe, — das Baumaterial. Aus demselben Steine werden die gothischen Pfeiler und die Säulen des Renaissancebaues gehauen, — Ziegel derselben Art bilden die Mauern der Häuser in alter wie in neuer Zeit, ob frei sich selber zeigend, ob von schützendem und doch vergänglichem Mörtelkleide umhüllt. Jedes dieser beiden Materialien dient zur Herstellung der mit dem Baustyle wechselnden Formen, bald leicht, bald widerwillig der gestaltenden Künstlerhand sich fügend. Dem sinnenden Architekten aber gereicht es zur Freude, zu sehen und zu forschen, nicht nur wie die verschiedenen Gestaltungen geworden und welche Bedeutung sie in sich tragen, sondern auch wie das eine oder das andere Material bei der Formgebung mitgewirkt hat und wie die Natur desselben dabei von Einfluſs gewesen ist. Die Bedeutung des die Architektur seit Anbeginn vorzugsweise beherrschenden, aus dem Schooſse der Felsen gebrochenen Steines liegt dabei klar auf der Hand, — schwieriger ist es, den Werth und Einfluſs des Backsteines zu erkennen und darzulegen, obwohl Jeder im Anschauen verschiedener Gebäudefaçaden es unmittelbar empfindet, daſs dem Backstein etwas Eigenartiges beiwohnt, daſs er dem Gebäude, welches aus demselben errichtet ist, einen Charakter besonderer Art aufprägt, durch welchen es sich wesentlich von den Bauten aus Stein und denen, die mit Mörtelputz überzogen wurden, unterscheidet. Jeder empfindet es, daſs es gerechtfertigt ist, von einem besonderen Backstein-Baustyl zu sprechen, aber worin die Eigenthümlichkeiten bestehen, inwieweit sie künstlerisch berechtigt sind, auf welche natürlichen Eigenschaften sie sich gründen, das ist im Ganzen noch wenig erörtert, und dazu einen Beitrag zu liefern, sollen die nachfolgenden Betrachtungen dienen. Dieselben werden sich auf die historische, wie die technische Entwickelung des Backsteinbaues erstrecken müssen, um als Resultat die ästhetische Bedeutung und Stellung dieses besonderen Zweiges der architektonischen Wirksamkeit darzulegen.

### 1. Verhältniſs des Backsteins zum natürlichen Stein im Allgemeinen.

Wenn zunächst die Frage beantwortet werden soll, welches das älteste und ursprünglichste Baumaterial gewesen sei, so kann man als solches mit Recht wohl den Ziegel bezeichnen, welchem in Bezug auf das Alter im Gebrauch der Menschen nur etwa das Holz den Rang ablaufen möchte. Jedenfalls ist die Anwendung des Ziegels zum Bauen älter, als die Benutzung des aus dem Schooſse der Felsen gebrochenen Steines. Denn wo fände sich ein bequemeres Baumaterial, und welches hat die Natur dem Menschen so greifbar gleichsam vor die Füſse gelegt, als das des Ziegels? Das Bedürfniſs fester Wohnsitze für eine gröſsere Zahl von Menschen, d. h. das Bedürfniſs zur Anlage von Städten, entstand nicht zuerst in Gebirgsländern, auf den mit Wald bedeckten Berggeländen, wo schweres Steingerölle, über den Boden gesäet und aus dem unebenen Erdgrunde hervorragend, einer Ackerbestellung schwer überwindliche Hindernisse entgegenstellte. Hier tummelte sich noch lange der rastlose Jäger und bereitete sich in leichter Holzhütte eine vergängliche Wohnstätte, als in den fruchtbaren Marschländern, wo in den von gewaltigen Strömen durchzogenen unabsehbaren Tiefebenen schon längst die stierbespannte Pflugschaar den fetten, tiefgründigen Humusboden durchfurchte, damit die eingestreute Saat in tausendfältiger Ernte Millionen Menschen ernähre, die auf engem Raume zusammenwohnend sich zu fester Stammes- und Staatsgemeinschaft aneinanderschlossen.

Die erdigen Massen, welche der periodisch aus seinen Ufern tretende Strom in aufgelöstem Zustande mit sich führte und dann, in seine Ufer zurücktretend, auf den weiten, überschwemmten Landflächen zurückliefs, der Schlamm, welcher dem Acker immer erneute Fruchtbarkeit verlieh, gaben auch das Material her, aus welchem die Bewohner sich feste, behagliche und feuersichere Hausstätten errichten konnten. Denn je enger die Menschen ihre Wohnungen zu volkreichen Städten zusammendrängten, desto sorgfältiger muſste der wohlthätige Spender und Gründer der menschlichen Cultur, das Feuer, behütet werden, desto gefährlicher wüthete die Flamme, wenn sie ihrer Fesseln sich entraffte. Darum muſste man frühzeitig die Anwendung des Holzes in engere Schranken zurückdrängen. Welches Ersatzmittel aber bot sich leichter dar, als der Lehm des Feldes, der dem Menschen sich an den Füſsen festklammerte und beim Trocknen erhärtete. Was war einfacher, als aus dem feuchten Lehm cubische Stücke zu formen, welche in den glühenden Sonnenstrahlen nach kurzer Frist genügende Festigkeit erhielten, um als Bausteine verwendet zu werden. Was war bequemer, als die regelmäſsig geformten Ziegel regelrecht aufeinander zu schichten zu senkrechten, glatten Mauern, auf denen übergelegte Holzbalken Decke und Dach bildeten. Solche Mauern wehrten im Sommer der brennenden Sonnengluth den Eintritt und schufen behaglich kühle Räume; sie hielten ebenso in der kalten Jahreszeit die künstlich erzeugte Wärme zusammen. Aber gegen die maaſslos herabströmenden Fluthen der Regenzeiten bedurften sie eines Schutzes, um nicht in den ursprünglich formlosen Zustand zurückzukehren. Diesen Schutz gewährten Bekleidungen mit festerem Material, ihn gewährte aber auch das Brennen der Ziegel. Daſs Lehm, sobald er durch Feuer geglüht wird, eine bedeutende Festigkeit erlangt, zu Stein wird und alsdann nicht mehr der Auflösung durch Wasser anheimfällt, ist eine Beobachtung, die man für nahezu eben so alt erachten kann, als die Benutzung des Feuers selbst. Und bedurfte es auch besonderer Manipulationen, besonderer Geschicklichkeit und Uebung, um gröſsere Zie-

gelmassen zu brennen, wie viel geringere Kraft, wie viel weniger Mühe, wie viel einfachere Instrumente gehörten dazu, um Ziegel herzustellen, als um eine gleiche Quantität Steine aus dem Schoofse der Felsen zu brechen, zuzurichten und auf weiten Wegen herbeizuführen! Mauern von Stein errichtete man gewifs erst viel später, als die Instrumente zur Bearbeitung des harten Felsens genügend vervollkommnet waren, als die Cultur, an den Ufern der Flüsse aufwärts steigend, auch die bewaldeten Thäler der Bergketten erreichte und den Boden sich auch dort dienstbar gemacht hatte.

Der Ziegel ist somit sicherlich das Urmauermaterial gewesen, welchem die Anwendung des Bruchsteines oder gar des Hausteines erst sehr viel später folgte.

Wohl $^9/_{10}$ aller Bauwerke auf Erden, der Masse nach, bestehen aus Ziegeln. Nicht blos die unabsehbaren Massen der Palastbauten von Babylon und Ninive, sowie der zahlreichen anderen Städte des reichen, fruchtbaren Niederungslandes, welches der Euphrat und Tigris durchströmen, sind aus Ziegeln, gebrannt und ungebrannt, aufgehäuft, oft mit einer Bekleidung von Steinplatten versehen — nicht blos der Kern der meisten Riesengrabmäler in Pyramidengestalt an den Ufern des Nils besteht aus Ziegeln, welche aus dem Schlamm des Fruchtbarkeit spendenden Stromes bereitet wurden — überall, wohin wir blicken, auf der ganzen Erde herrscht der Ziegel vor, — wenige Landstriche ausgenommen, denen regelmäfsig geschichtete Gebirge in geringer Entfernung einen unschwer zu bearbeitenden, in lagerhaften Blöcken brechenden Stein freigebig darbieten. Wohl wird solcher Stein hoch geschätzt, viel höher, als der unscheinbare Ziegel, aber je weiter man sich von den Bergen entfernt, welche den Baustein in ihrem Schoofse bergen, desto sparsamer wird dessen Verwendung. Nur auf dem breiten Rücken der schiffbaren Ströme schwimmt er weiter hinab in die Ebene, um in das Bereich des Ziegels als ein stolzer Fremdling einzudringen. Hier sucht er den ersten Platz zu behaupten, er bekleidet die Aufsenfläche der Mauern und verdrängt den Ziegel in das Innere der Gebäude, er breitet sich aus, wo künstlerische Charakteristik in architektonischen Formen sprechen soll, er bildet die raumöffnende Säule, er spannt sich als Balken von Stütze zu Stütze, von der Säule zur Mauer und streckt sich zum überhangenden Gesimse und Dachrande vor, er nimmt überall die Repräsentation für sich in Anspruch, während der Ziegel bescheiden zurücktreten und sich mit der dienenden Stellung begnügen mufs, die Masse, das feste innere Gefüge des Ganzen zu bilden. Nur in solchen Gegenden, in welche dem stolzen Sohn der Berge die Reise zu beschwerlich wird, entfaltet sich der Backstein in freier Thätigkeit; da gewinnt er breites Feld und übernimmt die Herrschaft auch für die Sprache der Kunst, in welcher er dann freilich nach eigener, besonderer Weise redet.

Handelt es sich um Werke, welche vorzugsweise dem Bedürfnisse dienen, handelt es sich bei monumentalen Werken um die Massen, dann spielt der Ziegel überall eine wichtige Rolle und dringt auch in das sonst dem Werksteine vorbehaltene Bereich ein. Nur kleinere Bauwerke, welche in grofsem Formenreichthume entwickelt sind, so dafs die Masse gegen die Bedeutung der architektonischen Gliederungen zurücktritt, werden ganz von Werkstein errichtet, selbst wenn dieser aus weiter Ferne herbeigeführt werden mufs (Das hellenische Säulenhaus, das gothische Pfeilerschiff). In sehr ausgedehnten Bauwerken aber wird die Hauptmasse des Mauerwerks selbst da, wo der Werkstein so recht zu Hause ist, sehr gewöhnlich von Ziegeln hergestellt, seltener von Bruchstein.

So scheint jedem der beiden Materialien sein besonderes, in sich abgegrenztes Gebiet angewiesen; dennoch aber greift ein Material in den Wirkungskreis des andern über, Stein und Ziegel machen sich gegenseitig die Herrschaft streitig, gewöhnlich aber mufs der Ziegel zurückstehen gegen seinen stolzen Bruder, vergleichbar dem niederen, im Kerne aber tüchtigen und leistungsfähigen Volke gegenüber dem gewandten, sich frei und leicht bewegenden Aristokraten. Die Herrschaft behielt bisher immer der Haustein; er gab den Ton an, wo der Stein überhaupt reden sollte: fast alle architektonische Formenbildung entwickelte sich am Haustein, er schrieb die Stylgesetze allein, und wenn unter besonderen Umständen örtlich der Backstein die alleinige Herrschaft erlangte, so fand er schon den Canon der Stylvorschriften festbegründet vor, er mufste sich in diesen fügen, es wurde ihm nicht vergönnt, auch seinerseits bei dieser Gesetzgebung ein entscheidendes Wort in die Waagschale zu werfen. Er mufste die fertig beschlossene Regel annehmen; und wo sie seiner Natur nicht angemessen war, da konnte er zur Steuer seiner berechtigten Eigenthümlichkeiten wohl bescheiden umgestalten, aber nicht frei neugestalten. In den meisten Fällen wurden daher unter der Herrschaft des Backsteins die für den Haustein erbildeten Formen vereinfacht, verkümmert, zusammengedrückt, und wo ein gröfserer Reichthum an Formen sich als naturgemäfs für den Backstein ergab, da geschah die Veränderung gar häufig auf Kosten der Klarheit und Würde der Formen. Wir verdanken der Verwendung des Backsteines die wichtigsten Constructionsformen des Bauwesens, und welch' entscheidenden Einflufs die Constructionen auch auf die Stylentwickelung ausgeübt haben, darf hier wohl nur angedeutet werden. Worin liegt es nun begründet, dafs der Backstein trotz seiner Wichtigkeit für das Constructionswesen auf die Ausbildung der Kunstform so wenig Einflufs erlangt hat? Von jeher haben denkende und feinsinnige Architekten ihn hochgeschätzt und seine Vorzüge anerkannt. Dafür geben uns die Monumente aller Zeiten unzweifelhafte Belege. Von jeher sind Versuche gemacht worden, auch in der architektonischen Formensprache dem Backstein Bürgerrecht zu verschaffen, aber zu keiner Zeit haben diese Bestrebungen einen nachhaltigen Erfolg erreicht. Diese Ansätze datiren aus den alleräItesten Zeiten und wurden fortgesetzt bis in unsere Tage, sie zeigen sich naturgemäfs entsprechend dem jeweiligen Zustande der Technik und des Kunstvermögens. Welche Berechtigung sie haben und welchen Erfolg sie versprechen, soll in den nachfolgenden Betrachtungen darzuthun versucht werden. Bevor uns aber die künstlerische Seite näher eingehender beschäftigt, mögen einige Erörterungen vorhergehen, welche die Bedeutung des Backsteins für das bauliche Constructionswesen zum Gegenstande haben.

## 2. Der Backstein als Constructionsmaterial.

Es ist eine überall in die Augen fallende Thatsache, dafs der Backstein ein entschiedenes Uebergewicht über den natürlichen Stein behauptet, so lange es sich um die blofse Herstellung von Mauermassen oder um einfache Bauausfüh-

rungen handelt, welche lediglich zur Erfüllung von Aufgaben des Bedürfnisses dienen. In letzterer Beziehung zeigt er sich besonders dem sogenannten Bruchsteinbau überlegen, welcher überall in Gebirgsgegenden üblich ist, wo sich feste Steine ohne grofse Schwierigkeit aus den Felsen brechen lassen. Hier werden die Mauermassen aus den Steinbrocken, wie sie im Bruche gewonnen sind, zusammengesetzt, ohne dafs man dem einzelnen Steine eine weitere Bearbeitung zukommen läfst. Gestattet die Härte des Gesteines eine Bearbeitung aber nicht oder nur mit sehr grofsen Schwierigkeiten, so bemerken wir sehr häufig, dafs die Ecken des Mauerwerks, namentlich an Fenstern und Thüren, dafs insbesondere die Ueberdeckungen der Maueröffnungen bogenförmig von Ziegeln hergestellt werden. Man scheut die Mühe der Bearbeitung, welche der natürliche Stein verlangt, und setzt das bequemer zu handhabende Material des Ziegels an seine Stelle. Mit dem Ziegel wird nun aber ein anderes, sehr wichtiges Constructionsmittel in die Bautechnik eingeführt: der Mörtel.

In den ältesten Zeiten zeigt sich überall der Bau aus natürlichen Steinen zuerst ohne Anwendung des Mörtels. Die kyklopischen Mauern sind ohne solchen zusammengefügt, die Quadern der ägyptischen und hellenischen Tempel sehen wir ohne Bindemittel aufeinander gelegt und, wo eine saubere, sorgfältige Arbeit beabsichtigt wurde, mit unendlicher Mühe aufeinander geschliffen, um eine möglichst vollkommene Gleichmäfsigkeit des Auflagers herzustellen und das Zerbrechen einzelner Steine unter der darauf ruhenden bedeutenden Last zu verhindern.

Da der Stein im Felsen zusammenhängende gröfsere Massen bildet und die Mauer wiederum eine solche zusammenhängende Masse darstellen soll, so erscheint eine Zerkleinerung der Felsmassen naturgemäfs nur insoweit nothwendig, als es noch möglich ist, die einzelnen Stücke ohne übergrofse Schwierigkeit zu bewegen und wieder zusammenzufügen. Eine gewisse Gröfse der einzelnen Steine, verbunden mit dem an sich bedeutenden specifischen Gewichte genügt daher, dem Mauerwerke festen Halt in sich zu geben, auch ohne ein anfänglich weiches, nachträglich aber erhärtendes Bindemittel in die Fugen zu bringen. Die Natur des Materials weist sonach darauf hin, dasselbe in möglichst grofsen Stücken zu verwenden, während der Mörtel, wenn er zur Anwendung kommt, mehr nur dazu dient, die Unebenheiten in den Lagerfugen auszugleichen und den Druck der Last gleichmäfsiger zu vertheilen. Der Mörtel ist daher nicht unbedingt zur Verkittung der einzelnen Steine mit einander erforderlich, er mufs vielmehr nur als ein bequemes, die Construction erleichterndes Aushilfsmittel angesehen werden, indem er das mühsame Glattarbeiten der Fugenflächen und das Zusammenschleifen der Steine erspart; er kann nicht als ein absolut nothwendiges Constructionsmittel für den Hausteinbau gelten. Auch die heutigen Tages noch übliche Praxis des Hausteinbaues bestätigt dies vollkommen; gerade bei sehr starken Belastungen an solchen Stellen, wo eine sehr innige Verbindung erforderlich erscheint, wird häufig die Fuge nicht mit Mörtel ausgefüllt, sondern man legt in dieselbe einen anderen Stoff, etwa eine Bleiplatte, welche unter dem starken Drucke vermöge ihrer Dehnbarkeit in die Unebenheiten der Berührungsflächen eingedrückt wird und dadurch eine gleichmäfsige Uebertragung des Druckes bewirkt, ohne eine innige Verbindung mit den Steinflächen einzugehen, wie dies der Mörtel thut.

Anders stellt sich das Verhältnifs im Ziegelbau. Hier ist nicht die Gröfse und das Gewicht der einzelnen Ziegel maafsgebend, sondern die regelmäfsige Form derselben. Da der Ziegel aus feuchter, weicher Masse geformt wird, austrocknen mufs, gebrannt wird, wozu ein vielfältiges Heben, Tragen, Hin- und Her-Transportiren erforderlich ist, da ferner ein Ziegel von geringeren Dimensionen schneller trocknet, weniger reifst und leichter gar gebrannt werden kann, als ein solcher von gröfseren Formen, so wird man veranlafst, den Backstein in kleinen Maafsen herzustellen, ihm dagegen vorzugsweise eine regelmäfsige und in denselben Abmessungen immer wiederkehrende Form zu geben. Mit solchen kleinen Steinen, welche meistens zugleich ein geringeres specifisches Gewicht haben, läfst sich aber nur dann ein festes Mauerwerk herstellen, wenn dieselben durch einen zu fester Masse erhärtenden Kitt in einen einzigen zusammenhängenden Block verwandelt werden. Mörtel und Ziegel gehören somit untrennbar zu einander, ein Ziegelmauerwerk ohne Mörtelverbindung ist nicht ausführbar, wird daher auch nirgends gefunden, selbst nicht in den dicksten Maueraufhäufungen der orientalischen Urbauten. Welcher Art der Mörtel sei, ist hierbei vorerst gleichgiltig, jedoch kann als Regel angenommen werden, dafs der erhärtete Mörtel nicht fester zu sein braucht, als die Masse des Ziegels. Daher wird zu Mauerwerk aus Luftsteinen meistens der Lehm, das erweichte Material der Steine selbst, verwendet, zu gebrannten Ziegeln ein Stoff, welcher durch allmähliche chemische Einwirkung der Luft oder des Wassers die erforderliche Härte erlangt.

Zu bemerken ist dabei noch, dafs erst vermöge der Kleinheit der Bausteine der Mörtel seine eigentliche Bedeutung als Bindemittel erlangt, indem er nur bei Anwendung kleiner Steine im Stande ist, den ganzen Mauerkörper zu einer homogenen Masse zu gestalten. Dies zeigt sich ganz besonders auffällig dann, wenn der Mörtel fester geworden ist, als der Stein. Alsdann bildet das festere Bindemittel ein das ganze Mauerwerk in engen Maschen durchziehendes festes Netz, welches die einzelnen Steine umschliefst und festklammert, und je enger die Maschen, je gröfser die Gesammtmasse dieses festen Materials, desto inniger der Zusammenhalt des Ganzen. Im höchsten Maafse zeigt sich dies im Gufsmauerwerk, im Beton. Hier tritt die Festigkeit des einzelnen Steines fast ganz zurück, derselbe dient eigentlich nur als Füllmasse, bestimmt, an dem theuereren Mörtelmaterial zu sparen oder dem Mauerkörper eine gröfsere Porosität zu geben, so dafs Luft oder Wasser, welche zur Erhärtung des Mörtels nothwendig sind, leichter in das Innere der Mauermasse eintreten können. Selbstverständlich müssen die Steinbrocken im Gufsmauerwerk fest genug sein, um durch die darauf ruhende Last nicht zerdrückt zu werden, ebenso müssen sie genügende Wetterbeständigkeit zeigen, sobald sie atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind. Die aufserordentliche Festigkeit dünner Wände und Decken von Gufsmauerwerk ist genugsam bekannt; solche Wände stellen sich dar wie ein einziger Stein, wie ein künstliches Conglomerat, ganz ähnlich den natürlichen Conglomeraten des Rothliegenden oder der Nagelfluhe, welche sich häufig derartig in Platten spalten lassen, dafs die eingeschlossenen Steinbrocken mitten

durchbrechen, ohne sich aus der Masse zu lösen. Aehnlich verhält es sich mit den alten Mauermassen aus Bruchsteinstücken oder Ziegeln, in denen der Mörtel im Laufe der Jahrhunderte eine solche Festigkeit erlangt hat, dafs es nicht möglich ist, solches Mauerwerk anders als mit Hilfe von Sprengmitteln zu zerstören. Immer ist es dabei die Kleinheit der Steine, welche neben der Festigkeit des Mörtels die fast unüberwindliche Widerstandsfähigkeit des Mauerwerks bedingt. Quadermauerwerk, welches in Mörtel hergestellt war, läfst sich fast immer leichter mit Hebeln, Brechstangen etc. auseinandertreiben, d. h. in den Fugen zerbrechen; ja es scheint fast, als würde der Mörtel in den Fugen des Quadermauerwerks überhaupt nicht so fest, als in Mauerwerk aus kleinen Steinen. Es kann dies seinen Grund darin haben, dafs durch die grofse Masse des Steines, der meistens trocken eingelegt wird, die Feuchtigkeit aus den Lagerfugen zu schnell aufgenommen wird, um eine genügende Erhärtung des Mörtels zu gestatten. Die Stofsfugen aber lassen sich um so schwerer gehörig dicht mit Mörtel anfüllen, je gröfser die Fugenflächen, also je höher die einzelnen Steine sind. Die Beziehungen zwischen Stein und Mörtel werden somit bedeutsamer durch die Kleinheit des Steines, ohne Rücksicht auf dessen stoffliche Zusammensetzung und dessen Form. Da aber der Bruchstein als ein mehr locales Baumaterial anzusehen ist, dessen Verwendung sich auf die Gebirgsgegenden beschränkt, in denen er gebrochen wird, während der Backstein darauf Anspruch machen kann, den Charakter eines universalen Baumaterials zu tragen, so erscheinen die engen Beziehungen zwischen Mörtel und Backstein von ganz besonderer Bedeutung.

Auch ist nicht zu übersehen, dafs der Backstein über den Bruchstein noch ein besonderes Uebergewicht durch die Regelmäfsigkeit seiner sich immer gleichbleibenden Form und Gröfse erlangt. Alles Mauerwerk, welches mit Hilfe langsam erhärtenden Mörtels hergestellt wird, mufs stärker angelegt werden, als die später zu tragende Last verlangt, weil es, obgleich es seine natürliche Festigkeit erst später erreicht, doch vorher schon theils durch das eigene Gewicht, theils durch sonstige Belastungen nahezu eben so stark in Anspruch genommen wird, als später nach völliger Erhärtung des Mörtels. Der Zusammenhang der Mauermasse vor vollständiger Erhärtung des Mörtels ist aber ein viel gröfserer, wenn aus gleich grofsen und zweckmäfsig gestalteten Steinen ein regelmäfsiger Verband hergestellt werden kann, als wenn unregelmäfsig gestaltete Steine nur durch den Mörtel zusammengehalten werden. Daher ist es zulässig, Ziegelmauern viel schwächer anzulegen, als Bruchsteinmauern, ein Moment von aufserordentlich grofser Bedeutung, welches dem Ziegelbau vielfach auch da ein Uebergewicht über den Bruchsteinbau sichert, wo die Bedingungen für den letzteren sonst günstig liegen.

Die Leichtigkeit, mit welcher sich Mauermassen aus Ziegeln herstellen lassen, die Festigkeit, welche solches Mauerwerk erreicht, bewirken, dafs dasselbe auch bei monumentalen Bauwerken fast immer zur Anwendung kommt, auch dann, wenn die Aufsenseiten aus Hausteinen hergestellt werden. Volle Mauern aus Hausteinen herzustellen, diesen Luxus gestattet man sich, wie bereits bemerkt, nur noch an Werken von geringen Dimensionen, an Grabcapellen, an Pavillons, an Denkmälern im engeren Sinne, sowie an Werken, deren Mauermasse verhältnifsmäfsig gering bleibt. Für grofse Gebäude würde eine solche Constructionsweise viel zu theuer werden und auch ganz überflüssig sein, da gehörige Festigkeit auf andere Weise mit viel geringeren Kosten zu erlangen ist. Die inneren Wände, deren architektonische Gliederungen nicht den zerstörenden Einflüssen des Wetters ausgesetzt sind, werden auch in den am reichsten ausgestatteten Gebäuden fast immer von Ziegeln hergestellt und mit Stuck bekleidet; für die Aufsenmauern aber wird fast ausnahmslos nur eine äufsere Bekleidung von Quadern in Anwendung gebracht, die erforderliche Dicke der Mauern dagegen durch Hintermauerung aus Ziegeln (oder Bruchsteinen) hergestellt. Freilich hebt der vorsichtige Constructeur immer warnend hervor und in allen Lehrbüchern der Bauconstruction ist darauf hingewiesen, dafs ein ungleichmäfsiges Setzen in dem so ungleichartig construirten Mauerwerk die Festigkeit bedeutend beeinträchtige, dafs sich leicht Trennungsfugen zwischen Werkstein und Ziegelmauerwerk bilden. Trotzdem erträgt man lieber die Folgen solcher fehlerhaften Construction und sucht sie dadurch zu mindern, dafs man dem Werksteinmauerwerk möglichst starke Lagerfugen giebt oder durch langsames Höherführen der Mauern dem Mörtel der Hintermauerung mehr Zeit zur Erhärtung läfst. Durch Anwendung eines schnell bindenden Mörtels kann endlich der Uebelstand fast ganz beseitigt werden.

Erinnern wir schliefslich noch an die Bequemlichkeit in der Ausführung des Ziegelmauerwerks, daran, dafs die Leichtigkeit und Handlichkeit des einzelnen Ziegels die Anwendung complicirter und fester Gerüste, sowie kostspieliger Vorrichtungen zum Heben und Versetzen der Steine entbehrlich macht, so möchte damit bereits Beleg genug für die Bedeutsamkeit dieses Baumaterials in Bezug auf die Construction der Mauermassen, selbst in unserer an mechanischen Hilfsmitteln so reichen Zeit gegeben sein.

Aber noch eine andere sehr wichtige Beziehung des Ziegels zum Constructionswesen wird hervorzuheben sein, — nämlich die zum Gewölbebau.

Versetzen wir uns in die ursprünglichen Zustände der Cultur und der Bauthätigkeit zurück, und vergegenwärtigen wir uns die Entwickelung des Constructionswesens, und stellen uns vor, dafs es sich um die Ueberdeckung von Maueröffnungen handelte. Standen natürliche Steine zu Gebote, welche in grofsen Stücken brechen, dann ergab sich die Steinbalkenconstruction als das nächste und natürlichste Auskunftsmittel. Man brauchte eben nur in derselben Weise zu verfahren, wie man es bei Anwendung des Holzes gewöhnt war; an Stelle des Holzbalkens trat der Steinbalken, wenn auch unter sehr viel gröfseren Schwierigkeiten, herbeigeführt durch die Härte und das Gewicht des Steines. Wäre dies nicht so gewesen, wäre in der Urzeit und in gebirgigen Ländern bereits auch die Bogenconstruction als zweckmäfsig und leicht ausführbar erkannt worden, es würde sicherlich dieses äufserst wichtige Motiv in die ältesten künstlerisch durchgebildeten Bauweisen aufgenommen worden sein. Sicherlich hat nur der Zwang der Umstände zur Bogenconstruction geführt, man hat an diese so lange nicht gedacht, als Steine zu finden waren, aus denen sich Balken herstellen liefsen. Wo aber das zu Gebote stehende Steinmaterial zu geringe Festigkeit besafs, um zu Balken verwendet zu werden, da behielt man lieber die hölzerne Balkenüberdeckung bei, oder

man verengte so viel als möglich die Oeffnungen, man stellte kurze, stämmige Säulen eng aneinander und belastete sie mit hohen und starken Gebälken, wie es an altdorischen, aus lockerem Porosstein errichteten Bauten geschah, als dafs man die Oeffnungen mit Bogen überspannt hätte.

Nur in Gegenden, wo Steinbalken absolut nicht zu beschaffen waren, wo einzig und allein ein Steinmaterial in kleinen Stücken zu Gebote stand, konnte man auf den Gedanken kommen, zwischen festen, unverrückbaren Mauern eine Reihe von kleineren Steinen so einzuklemmen, dafs sie eine Ueberdeckung bildeten, welche Lasten zu tragen vermochte. Dafs die Ausführung erleichtert und die Festigkeit erhöht wird, wenn dieser Constructionsweise die Bogenform zu Grunde gelegt wurde, war dann nur ein weiterer Umstand, zu welchem Uebung und Erfahrung führten. Solche Gegenden aber sind diejenigen, in denen der Backsteinbau alleinherrschend ist, und damit stellt sich die Entstehung des Bogenbaues mit der Anwendung des Backsteins in die innigste Beziehung. Es tritt die Anwendung des Mörtels hinzu, welche in der That eigentlich erst eine Bogen- und Gewölbeconstruction für die Praxis möglich macht. Auch der Umstand ist von Wichtigkeit, dafs der bedeutende Seitendruck, welchen die Wölbung ausübt, eine ungewöhnliche Dicke der Widerlagsmauern verlangt. Diese war aber in den heifsen Backsteingegenden Mesopotamiens bereits vorhanden, denn schon um die Wirkung der glühenden Sonnenstrahlen abzuhalten, um auch im heifsen Sommer in den bewohnten Räumen eine angenehme Kühle zu erzeugen, wurden die Mauern übermäfsig dick hergestellt, wie es auch heute noch in jenen Gegenden geschieht. Diese Mauern besafsen an sich schon Widerstandsfähigkeit genug, um (auch ohne Verstärkung) den Seitendruck von gewölbten Ueberdeckungen aufnehmen zu können. Lang und schmal waren die Räume angelegt, und in der ganzen Ausdehnung mit Tonnengewölben überdeckt; dies weisen die Aufgrabungen selbst in denjenigen Bauanlagen Babyloniens nach, die man für die ältesten erachtet. Mit fast untrüglicher Sicherheit ist damit festgestellt, dafs Babylon die Urheimath des Gewölbebaues war, und da hier nur mit Backstein gebaut wurde, so erscheint die Erfindung des Gewölbes auch historisch mit Sicherheit an den Backsteinbau gebunden und aus ihm hervorgegangen. Bei weiterer Entwickelung mufste man darauf Bedacht nehmen, nicht blos länglich rechteckige Gebäude mit der einfachsten Gewölbeform, dem Tonnengewölbe, zu überdecken. Auch andere Planformen wurden hergestellt, und ganz besonders häufig finden wir im Orient den Rundbau, mit der Kuppel überwölbt. Aus welchem Bedürfnifs heraus gerade diese Planform erwachsen ist, mag hier unerörtert bleiben und nur auf die dadurch bedingten constructiven Verhältnisse hingewiesen werden. Je weiter das Bauen sich in der Richtung zur Kunst hin entwickelt, desto mehr bildet sich der Sinn für die Form aus, desto mehr wird demgemäfs die rohe Massenhaftigkeit verlassen. Es stellte sich demnach für die Bauwerke die Nothwendigkeit heraus, die formlosen Massen soweit einzuschränken, als die Sicherheit der Construction es zuliefs. An Gewölbebauten durften daher die Mauern nur so stark ausgeführt werden, als erforderlich war, um ihnen als Widerlager gegen den Seitenschub der Gewölbe gehörige Standfähigkeit zu sichern. Der Seitendruck wird aber um so geringer, einerseits je weniger Gewicht das Gewölbe selbst in sich trägt, andererseits, je höher die Wölbung ansteigt. Es kam also darauf an, die Gewölbe möglichst leicht zu construiren. Das aber konnte man mit keinem anderen Materiale erreichen, als mit Backstein. Die beiden Zweige der Keramik, beide uralt und neben einander entwickelt, Ziegelei und Töpferei, gehen hier ineinander über. Wenn man die Wölbesteine hohl herstellte, wenn man mit Töpfen wölbte, so gab man dadurch dem Gewölbe das Minimum von Gewicht, erreichte die Möglichkeit, die Widerlagsmauern in der geringsten Stärke auszuführen. Auf der anderen Seite war dadurch das Mittel gegeben, gröfsere Räume mit Gewölben zu überspannen, grofse, freie, massiv überdeckte Innenräume ohne Zwischenstützen zu gewinnen, — ein Fortschritt im baulichen Constructionswesen, welcher durch den Steinbalkenbau, auch mit den besten Hilfsmitteln, niemals zu erreichen war. Ganz besonders für den Kuppelbau sehen wir die Methode des Wölbens mit Töpfen in Anwendung gebracht, und gerade für diese Raumform eignet sie sich ganz vorzüglich. Theils sind es ausgehöhlte Ziegel von besonders grofser Form mit eckigen Aufsenflächen, welche dicht aneinander schliefsen und durch enge Mörtelfugen mit einander zum zusammenhängenden Gewölbe verbunden sind; theils werden geradezu runde Töpfe mit dünnen Wandungen aneinander gereiht und bilden die Masse des Gewölbes, indem ihr Zusammenhang durch einen fest erhärtenden Mörtel gebildet wird, welcher die Zwischenräume zwischen den convexen Aufsenseiten der Töpfe ausfüllt. Selbst wirkliche Töpfe in der Form der nach unten zugespitzten kanopischen Amphoren finden sich in solcher Anordnung verwendet, dafs die untere Spitze der einen Vase in den Hals der anderen gesteckt ist und auf diese Weise fortlaufende Wülste von Töpfen gebildet werden, welche, Kreise im Gewölbe bildend, mit diesem schraubenförmig emporsteigen. Die durch die convexen Aufsenseiten der Vasenkörper gebildete Innenfläche des Gewölbes wird dann durch aufgetragenen Stuck ausgeglichen.

Derartige Topfgewölbe, durch welche eine aufserordentliche Freiheit in der Bildung von Gewölbeformen jeder Art erreicht wurde, befanden sich im Orient lange Zeit, bevor der Gewölbebau in Rom allgemein üblich wurde; es wird von alten Schriftstellern über Alexandria berichtet, dafs die Häuser daselbst unverbrennlich seien, weil alle Decken derselben gewölbt und ohne Holz ausgeführt seien. Alexandria aber war gänzlich unter dem Einflusse der Culturentwickelung entstanden, welche unter den Nachfolgern Alexanders in den vorderasiatischen Ländern sich herausgebildet hatte, unter wesentlicher Betheiligung der vor dem Eindringen des griechischen Wesens dort herrschenden Culturmomente. Es war dort namentlich eine eigenartige Baukunst erwachsen, auf die Constructionsprincipien des Backsteins gegründet, welche, mit hellenischem Kunstsinn in Anwendung gebracht, zu mancherlei eigenthümlichen Neugestaltungen führen mufste. Hat sich von diesen durch die Stürme der Zeit und der Völkerfluthen auch nur wenig bis in unser Zeitalter gerettet, so behalten sie immerhin hohe historische Bedeutung, namentlich als Vorstufe für die gewaltigen Gewölbe- und Kuppelbauten, welche wir wenige Jahrhunderte später in Rom entstehen sehen, auf deren Betrachtung wir auch weiter unten nochmals zurückkommen werden. (Fortsetzung folgt.)

# Mittheilungen aus Vereinen.

## Architekten-Verein zu Berlin.

### Schinkelfest am 13. März 1876.

Auch in diesem Jahre hatte sich ein grofser Theil der Berliner Architekten sowie der Freunde und Verehrer unseres unvergefslichen Meisters Schinkel zur Feier seines Geburtstages im Arnim'schen Saale — an dieser Stelle im Hinblick auf das nun bald vollendete Vereinshaus des Architekten-Vereins zum letzten Male — in althergebrachter Weise versammelt. An der Längsseite des Saales war hinter dem Rednerpult ein geschmackvoller Aufbau errichtet, geschmückt in der Mitte mit der kränzespendenden Victoria Rauch's, an den Seiten mit Candelabern auf vorspringenden Postamenten, deren Vorderseiten die Medaillon-Portraits von Schinkel, Rauch und Cornelius zierten, während an den Seitenflächen, sowie an dem unteren Theil der im Hintergrund sich erhebenden mächtigen Wand die dem Schinkel-Museum angehörigen Original-Entwürfe zu den Fresko-Gemälden in der Vorhalle des alten Museums Platz gefunden hatten. Der Vorsitzende des Architekten-Vereins, Baurath Hobrecht, eröffnete die Feier mit dem nachfolgenden Bericht über die Thätigkeit des Vereins im vergangenen Jahre, wobei er in schwungvoller Weise des Vorzugs, ein eigenes Heim zu besitzen, gedachte. Die Ansprache lautete wie folgt:

„Hochgeehrte Anwesende!"

„Indem ich das heutige Schinkelfest eröffne, rufe ich zunächst Ihnen Allen, namentlich den auswärtigen Mitgliedern, die zur Begehung der alten Feier hierher gekommen, und allen unseren freundlichen Gästen den Willkomm zu!

Die Vereins-Geschichte des letzten Jahres kann berichten, dafs auch in ihm der Wunsch: „Der Verein blühe, wachse und gedeihe" in Erfüllung gegangen.

Das Hauptereignifs aber, neben welchem die übrigen Erlebnisse bedeutungslos werden, ist für unsern Verein der Ankauf des Grundstücks Wilhelmstrafse 92/93 hierselbst, zu dem Zweck, durch Ausbau des auf demselben schon vorhanden gewesenen Rohbaues ein eigenes Architekten-Vereinshaus herzustellen.

Unter die am wenigsten schönen Eigenthümlichkeiten Berlins gehört sein ausgebildetes Miethsystem; wenn dasselbe auch das Erbtheil einer sehr ärmlichen Zeit ist, und hierin seine Entschuldigung liegen mag, so erscheint es doch bedauerlich, dafs das Gefühl für den Werth eines eigenen Hauses, einer eigenen Heimstätte, in dem Maafse, wie wir es hier in Berlin sehen, abgeschwächt ist.

Selbst in unseren Tagen, deren Leistungen vielleicht dadurch besonders Vieles zu erreichen scheinen, dafs in der Arbeit geschlossener Parteien, in dem Zusammenwirken zu einem Zweck der Einzelne sich zu einem Bruchtheil oder Gewichtstheil des Ganzen bereitwillig hergiebt, wird doch zugestanden werden müssen, dafs eine wahre und zweifelsfreie Hebung und Besserung des Ganzen nur dann möglich ist, wenn die Individualität des Einzelnen sich ohne Einflufs der leider stets bereit gehaltenen Schablone entfalten kann, und nicht im Gedränge die freien Triebe des Einzelnen geknickt oder unterdrückt werden.

So tritt mehr denn je die Mahnung an uns heran, Alles zu thun und Nichts zu unterlassen, was dazu dient, die Eigenthümlichkeiten zu wahren und in dieser Eigenthümlichkeit der feste Punkt zu werden, der Anderem und Anderen Halt giebt.

Wer kann es nun läugnen, dafs das eigene Haus und sein ganzes Innere, wie es von uns den Stempel unseres Denkens und Fühlens aufgeprägt erhält, wie es zu einem Abdruck unserer Neigungen und unseres Urtheils wird, auch rückwirkend uns bereichert und versöhnt, — vor Allem aber auch die Linien unserer Individualität schärfer und fester bestimmt; — es nimmt die Geschichte unseres Lebens in sich auf, seine Räume erfüllen sich mit den Bildern unserer Vergangenheit, der heiteren wie der gedrückten; das eigene Haus ist vor Allem die Stätte, wo die herrliche Pflanze des Humors gedeiht, — und, wenn uns die dauernden Spuren unserer Erlebnisse, der Spielplatz in Hof oder Garten, die Wände unserer Zimmer, die imagines majorum anschauen, wenn zu derselben Tagesstunde derselbe Strahl der Sonne unsern Schreibtisch erhascht, der vor langen Jahren an demselben Tisch Vater oder Grofsvater zum Niederlegen der Feder und zu seiner heiteren Begrüfsung nöthigte, dann erwacht und erstarkt in uns die gerechte Empfindung einer Werthlegung auf uns selbst, auf Namen, Geschichte, Familie, — aus der Beachtung des im Wechsel Dauernden und Bewährten erstarkt das sittliche Gefühl und es erblüht auch hierdurch endlich jene innere Freiheit, die sich beugen mag vor ewigen Gewalten, im Gebiet menschlicher Dinge aber nicht zum Schleppenträger wird von dem, was wir Mode und Majoritäten nennen.

Die Mitglieder unseres Vereins haben so oft ihre Kräfte dazu hergeben müssen, Kasernen — die Römer bezeichneten sie mit dem etwas verächtlichen Namen insulae — zu erbauen, in denen auf kleinem, von bestrittenen Grenzen umgebenem und in Pieçen — habe Dank, französische Sprache, für dieses Wort! — eingetheiltem Gebiet ein Unterkommen für Metoiken zurechtgeschnitten wurde — sie haben so oft Wohnungen hergestellt, in welchen in der Erscheinungen Flucht das einzig Dauernde der Miethscontract mit Exmissionseventualität war, — dafs die Kenntnifs und das Durchdrungensein von dem Werth eines eigenen domus wohl Keinem fehlte, und die Richtigkeit des Strebens dahin allen so recht eigentlich zu einer festen Ueberzeugung geworden war. — Müssen wir nun nicht als Verein, der doch die Rechte einer Person hat, auch die Wünsche und Hoffnungen einer Person haben? — Haben wir nicht als Verein Kindheit, Jugend, Entwickelung und Geschichte? — freut uns nicht unser Ruhm, hoffen wir nicht auf bessere Zukunft, auf Nutzen, den wir stiften, auf Anerkennung, die wir darob finden können? — just, wie ein einzelner Mann?

So kam es denn, dafs, als uns die Möglichkeit nahe trat, den grofsen Schritt zu thun, wir fast ausnahmslos dem Erwerb zujubelten, und dafs wir dann ernst und geschlossen die Pflichten auf uns nahmen, die dieser Schritt uns und unsern Nachfolgern zur Erfüllung und Abtragung auferlegt.

Wenige nur haben gezaudert, aber — wir wissen es — nur, weil ihr Urtheil ein anderes war; das Motiv des ablehnenden wie des zustimmenden Votums war dasselbe: es war die Sorge und das Interesse für den Verein!

Aus unserm eigenen Kreise haben wir zum Ausbau des Hauses über 190000 M. dem Verein als Darlehn entgegengebracht, und wir thaten es, obwohl wir wissen, dafs die Darleiher mit ihrer Forderung dem Verein rechtlos gegenüberstehen.

Des dürfen wir uns mit Fug und Recht freuen!

Arbeit und Feste, Ernst und Scherz werden dort, im neuen Hause, ihre Stätte, ihre Heimath finden; mögen sie — weil Hallen und Wände von ihnen auch der Zukunft erzählen werden, umsomehr dem Verein zu Ehre und Gedeihen gereichen. —

Aus der Vereins-Statistik des Jahres 1875 gebe ich folgende Daten:

Es wurden als Mitglieder
82 Einheimische und 4 Auswärtige, in Summa 86
neu aufgenommen.

2 Einheimische und 6 Auswärtige, in Summa 8
schieden aus.

1 Einheimischer und 5 Auswärtige, in Summa 6 (die Herren Bauführer Schilling, Geheimer Rath Krueger (der letzte der 18 Stifter des Vereins), Hof-Baurath von Meien, Baurath von Minkwitz, Kreis-Baumeister von Schäwen, Land-Baumeister Vehsemeyer) verloren wir durch den Tod.

452 einheimische und 714 auswärtige, in Summa 1166
Mitglieder ist der jetzige Bestand.

In 15 Haupt- und 18 gewöhnlichen, zusammen in 33 Versammlungen, welche durchschnittlich von 130 Mitgliedern und 7 Gästen besucht worden sind, hat der Verein getagt.

Es fanden 12 Excursionen mit durchschnittlicher Betheiligung von 118 Mitgliedern statt.

Von 69 Monats-Concurrenzen auf 143 Blatt Zeichnungen im Gebiete des Hochbaues erhielten 19 Entwürfe, von 11 Monats-Concurrenzen auf 21 Blatt Zeichnungen im Gebiet des Wasserbaues erhielten 9 Entwürfe Vereins-Andenken.

Die Einnahmen betrugen . 22216 Mark,
- Ausgaben - . 19428 -

Der Etat pro 1876 balancirt mit 22000 Mark.

Für das Vereinshaus sind, wie vorerwähnt, 191750 Mark als Beiträge in Höhen von 100 bis 6000 Mark gezeichnet.

Schinkel-Concurrenzen sind 5 im Hochbau, 1 im Wasserbau eingegangen.

Den 1. Preis und die Schinkel-Medaille im Hochbau erhielt der Architekt Herr Otto von Ritgen aus Giefsen für seine Arbeit mit dem Motto „Hortus".

Den gleichen Preis und die Schinkel-Medaille erhielt Herr Bauführer Richard Plueddemann aus Funkenhagen bei Cöslin für seine Arbeit mit dem Motto: „Lügen thu' ich nicht."

Aufserdem erhielt die silberne Schinkel-Medaille Herr Bauführer Richard Bohn für seine Arbeit mit dem Motto „Pax".

Diese Arbeiten, sowie eine vierte mit dem Motto „Friedhof" sind als Probe-Arbeiten für das Baumeister-Examen angenommen worden.

Im Wasserbau erhielt Herr Bauführer Paul Gerhardt aus Straufsberg für seine Arbeit mit dem Motto: „Nöthig, Nützlich" den 1. Preis und die Schinkel-Medaille; ingleichen wurde dieser Entwurf als Probe-Arbeit für das Baumeister-Examen angenommen."

Hierauf erfolgte die Vertheilung der Preise und Schinkel-Medaillen durch Herrn Ministerial-Director Mac-Lean. Nachdem noch Herr Baurath Hobrecht in einer Ansprache den Siegern den Glückwunsch und den Dank des Architekten-Vereins dargebracht hatte, betrat der diesmalige Festredner, Herr Professor Dobbert, die Redner-Tribüne und fesselte die Aufmerksamkeit der Versammlung auf längere Zeit durch seinen Vortrag in hohem Maafse. Allseitiger Beifall am Schlusse der Rede bezeugte, wie sehr der Vortrag das Interesse der Zuhörer in Anspruch genommen hatte. Der Wortlaut der Rede war folgender:

„Hochgeehrte Versammlung!

Immer wieder drängt sich bei der Betrachtung eines geschichtlich bedeutenden Menschen die Frage auf, wie weit war seine Handlungsweise, sein gesammtes Verhalten Ausflufs seiner gerade so gestalteten Individualität, wie weit war es bedingt durch die in seiner Zeit herrschenden Ideen und Anschauungen, gewissermaafsen die geistige Atmosphäre, in der er lebte? Ist schon diese Frage nicht leicht zu beantworten, so giebt es bei der geschichtlichen Betrachtung bedeutender Charaktere doch noch schwerer zu lösende Räthsel. Ueberblicken wir nämlich von dem gegebenen Standpunkte aus eine gröfsere Spanne Zeit, schauen wir in eine entferntere Vergangenheit, so nehmen wir oft wahr, dafs das, was das Object unserer geschichtlichen Forschung scheinbar ganz freiwillig aus seinem eigensten Wesen heraus geleistet, ein uns nun nothwendig erscheinendes Glied in einer vielleicht über Jahrhunderte und Jahrtausende reichenden Kette von Handlungen und Entwickelungsmomenten einer Idee ist. In wie weit ist nun unser Held selbstthätig zu nennen, in wie weit ist er Träger oder Werkzeug jener sich mit scheinbarer Nothwendigkeit und Consequenz vollziehenden weltgeschichtlichen Entwickelung? Wir befinden uns hier einer jener Fragen gegenüber, welche von jeher verschieden beantwortet worden sind. Es ist eines jener Räthsel, welche dem Menschengeschlechte mit in die Wiege gegeben sind. Immer wieder strebt der denkende Mensch danach, diese Räthsel zu lösen. Es scheint aber, dafs, wie dieses Streben zu dem Wesen des Menschen gehört, so auch das Nichtenträthselnkönnen mit demselben untrennbar verbunden ist.

Doch — es ist nicht meine Absicht, von den Grenzen des menschlichen Erkennens zu handeln. Gestatten Sie mir, am heutigen Festtage das Einsetzen und die ersten Entwickelungsstadien derjenigen Idee zu betrachten, zu deren bedeutendsten Vertretern der Meister gehört, welchem das Fest gilt.

Es ist heut' zu Tage ein Gemeinplatz, wenn man die universelle Bedeutung der hellenischen Bildung hervorhebt, wenn man versichert, dafs es der Einflufs der Antike gewesen, welcher wiederholt die Kunst späterer Tage und späterer Nationen aus traurigen Zuständen wieder emporgebracht,

ja zu hoher Blüthe geführt habe. Von Interesse aber ist es, zu beobachten, in wie verschiedener Weise die antike Kunst im Verlaufe von Jahrhunderten, auf wie verschiedenen Wegen bei den einzelnen Völkern sie diese ihre weltgeschichtliche Mission erfüllt hat.

Zunächst darf nicht übersehen werden, dafs es nur ausnahmsweise echt griechische Werke waren, welche in früheren Jahrhunderten ihre wiederbelebende Kraft übten; meist handelt es sich um jene Form der antiken Kunst, die sich erst aus der Verschmelzung griechischer und römischer Eigenthümlichkeiten ergab. Ward die griechische Literatur schon seit Boccaccio mit Begeisterung in Italien studirt, so existirte doch die griechische Baukunst für die Architekten der Renaissance nicht. Die Ueberreste griechischer Architektur in Italien: die Tempel zu Paestum, die griechischen Bauwerke Siciliens übten auf die Architektur des 15. und 16. Jahrhunderts keinen Einflufs aus. Rom, die antik-römische Kunst war das Ziel des begeisterten Strebens; wie im 14. Jahrhundert Cola di Rienzi das alte republikanische Rom politisch wiederherstellen wollte, so hat Rafael in seinen letzten Lebensjahren architektonisch an einer idealen Restauration des alten Rom gearbeitet. Die Erinnerungen des Italieners an eine glorreiche Vergangenheit hatten immer wieder Rom zu ihrem Mittelpunkte. Einer späteren Zeit und einem anderen Volksthum blieb es vorbehalten, den hellenischen Kunstgeist wieder erstehen zu lassen.

Nachdem die letzten Spuren des grofsartigen Aufschwunges, den die Kunst im fünfzehnten und sechzehnten Jahrhundert auf allen Gebieten erlebt hatte, verwischt waren, nachdem das Verständnifs für die Antike im Barock und Roccoco sich in ihr Gegentheil verwandelt hatte, nachdem auch jene herrliche Spätsommerblüthe, welche die Malerei im 17. Jahrhundert in Spanien und den Niederlanden getrieben hatte, völlig verwelkt war und an die Stelle der schlichten Wahrheit, welche die holländische Schule zu ihrem Princip erhoben hatte, überall Unnatur und Affectation getreten war, da bewährte die Antike noch einmal ihre heilende Kraft und ihre allgemein gültige, über die Schranken der Nationen und Zeiten hinausgehende Bedeutung; und zwar war es dieses mal vor Allem die echte ungefärbte griechische Kunst, die das Befreiungswerk unternahm. — Wie vollzog sie diese ihre Aufgabe, die ihr der Genius der Weltgeschichte gestellt hatte? Da bietet sich uns das merkwürdige Schauspiel, dafs von den verschiedensten, scheinbar von einander gänzlich unabhängigen Seiten auf dasselbe Ziel: die Erfrischung der verrotteten Kunstzustände durch Einführung antiker Elemente — zugestrebt wird. Es ist, als wäre diese griechische Renaissance eine Macht, die mit vollem Verständnifs für das, was der Menschheit Noth that, sich ihre Träger wählte und sie auf verschiedenen Wegen zum gemeinsamen Ziele hinführte, so dafs Alles, was sie thaten, sich in schönster Weise ergänzte.

Die griechischen Sprachstudien, welche in dem allseitig angeregten Reformations- und Renaissance-Zeitalter auch in Deutschland sich einer kurzen Blüthe erfreut hatten, waren dann wieder in den Schulen in den Hintergrund getreten. Im ersten Viertel des vorigen Jahrhunderts dominirte durchaus das Lateinische als Lehrgegenstand; das Griechische wurde gewissermaafsen blos als nothwendiges Uebel betrachtet. Erst unter dem Einflufs Englands und Hollands ward in Deutschland allmälig wieder der Sinn für die griechische Literatur rege. Es war eine Ausnahme, wenn in den dreifsiger Jahren des vorigen Jahrhunderts in dem hiesigen Kölnischen Gymnasium der Conrector Damm die griechische Philologie mit Begeisterung vertrat. Was war es aber, was den armen Latein- und Currendeschüler in Stendal, den sechzehnjährigen Winckelmann trieb, seine Vaterstadt zu verlassen, nach Berlin zu wandern und gerade in dieses Gymnasium einzutreten? Wie war ihm diese Erkenntnifs von dem Werthe der griechischen Studien gekommen? Eine unsichtbare Macht treibt ihn vorwärts in der nun eingeschlagenen Bahn! Auf der Universität Halle ist es nicht das von ihm ergriffene theologische Studium, was ihn fesselt; es sind vielmehr die griechischen Autoren in den Bibliotheken. Immer heftiger tritt die Sehnsucht nach dem griechischen Alterthum in ihm auf. Unter den ungünstigsten Verhältnissen wird eine Reise nach Paris unternommen, um die griechischen Werke auf der dortigen Bibliothek zu studiren. Das Unternehmen scheiterte. Rührend aber ist es, wenn Winckelmann ausruft: „Allerdings wollte ich nach Frankreich, der Himmel war freilich dawider, aber ich hätte mich um dieser geliebten Sprache willen in jegliche Fährlichkeit hineingestürzt.“ Nicht minder ergreifend ist es, wenn er in Bezug auf seine fünfjährige Lehrthätigkeit an der Schule zu Seehausen sagt: „Ich habe den Schulmeister mit grofser Treue gemacht und liefs die Kinder mit grindigen Köpfen das ABC lesen, dieweil ich während dieses Zeitvertreibes sehnlichst wünschte zur Kenntnifs des Schönen zu gelangen und Gleichnisse aus dem Homerus betete.“ Wie Winckelmann's pädagogische Thätigkeit es nicht vermochte, ihn seinen griechischen Studien zu entfremden, so folgte er diesem seinem Sterne unablässig auch mitten in der zersplitternden wissenschaftlichen Thätigkeit als Bibliothekar des Grafen von Bünau. Hier hatte er zu katalogisiren, Studien auf dem Gebiete der deutschen Geschichte des Mittelalters zu machen, sich in Heiligenlegenden zu vertiefen; Jahre lang scheint er gänzlich vergraben in mittelalterlichen Specialstudien. Immer wieder aber zieht es ihn zu seinen geliebten griechischen Autoren. Wie ein Polyp habe er in dieser Zeit an den griechischen Codices gehangen, berichtet er uns; in kurzer Zeit las er den Homer dreimal durch, „mit all der Application, die ein so göttliches Werk erfordert.“ Auch die Tragödien des Sophokles begeisterten ihn.

In ähnlicher Weise hatten schon früher einmal antike Schriften in einer dumpfen und der geistigen Erfrischung bedürfenden Zeit ihre stille, aber unendlich folgenreiche Wirksamkeit begonnen. Mit welchen Schwierigkeiten hatte Petrarca zu kämpfen gehabt, ehe es ihm gelang, mit seiner weltgeschichtlichen Sendung als Begründer des Humanismus offen vor alle Welt zu treten! War er doch ohne inneren Beruf in das Studium der Jurisprudenz gezwängt worden. Aber er liefs nicht ab von seinen geliebten römischen Dichtern, mochte selbst der Vater die verbotenen Bücher, als er sie einst in ihrem Versteck fand, verbrennen. Die antike Gedanken- und Kunstwelt ist eben eine weltgeschichtliche Macht! Derselbe Homer, den Winckelmann mit solcher Begeisterung wieder und wieder las, hatte auch damals seine Macht von Gottes Gnaden bewährt. Petrarca konnte ihn noch kaum lesen, aber er ahnte, dafs Grofses und Schönes in dem Buche enthalten sei; voller Entzücken sah er es an,

hatten doch seine geliebten römischen Autoren den Homer hoch geschätzt. Boccaccio erlernte dann mit unsäglicher Mühe das Griechische. Stolz und glücklich war er, dafs er, der Erste unter seinen Landsleuten, die Werke Homers wieder lesen konnte. Und nun begann die Klarheit und Schönheit der antiken Gedankenwelt unter dem Wuste mittelalterlich scholastischer Weisheit aufzuräumen. Das Erlernen des Griechischen war damals mit grofsen Schwierigkeiten verbunden. Von Stadt zu Stadt zogen die wenigen Meister der neuen Wissenschaft; zum Theil waren es geborene Griechen. Jung und Alt sammelte sich um ihre Lehrstühle; oft reisten auch die Schüler hinter ihren Lehrern her. So drang das Interesse an den humanistischen Bestrebungen allmälig in immer weitere Kreise.

In dem Maafse, wie zur Zeit Petrarca's, war nun das Griechische im vorigen Jahrhundert allerdings nicht eine terra incognita geworden, aber die tiefere Bedeutung des griechischen Geisteslebens war den älteren Zeitgenossen Winckelmann's doch gänzlich abhanden gekommen; die griechische Kunst insbesondere war längst ein todter Begriff geworden.

Wir sahen, mit welchem Durste Winckelmann aus dem lange Zeit verschüttet gewesenen Brunnen griechischer Literatur trank. Er konnte dabei nicht stehen bleiben. War ihm einmal das Wesen der griechischen Bildung aufgegangen, so mufste es ihn hinziehen zu der Kunst dieses Volkes; denn erst in der Kunst kam dessen Genius voll zur Geltung. So sehen wir denn auch den Bibliothekar des Grafen von Bünau, von Nöthenitz aus, so oft es ihm nur seine Zeit gestattete, nach dem nahen Dresden wandern, um sich in das Studium der dortigen Kunstschätze zu vertiefen. Bald siedelt er ganz dahin über. In Dresden herrschte damals ein regeres Kunstleben als sonst wo in Deutschland. Auch wurde dort über Kunst gedacht und geredet. Es gab bereits Männer, welche ein künstlerisches Reformbedürfnifs verspürten. Ich habe hier Namen wie Oeser, Algarotti, Hagedorn im Sinne. Mehrfach wurde in diesen Kreisen auf die Antike als Ausgangspunkt der Reform hingewiesen. Lippert publicirte die von ihm gesammelten antiken geschnittenen Steine, um richtige Begriffe von der Schönheit der Antike zu verbreiten. Vor Allem aber: Dresden besafs damals seit Kurzem aufser den Anfängen seiner herrlichen Gemäldegalerie auch eine Sammlung von antiken Statuen. Doch wie bedeutend auch immer die hier vereinigten Werke waren, sie konnten den Heifshunger Winckelmann's nicht stillen. Es zog ihn dorthin, wo diese herrlichen Früchte gewachsen waren. „Die reinsten Quellen der Kunst sind geöffnet," ruft er entzückt aus, „glücklich ist wer sie findet und schmecket. Diese Quellen suchen heifst: nach Athen reisen." Freilich fügt er voller Dankbarkeit dafür, was Dresden ihm geboten hatte, hinzu: „Dresden wird nunmehro Athen für Künstler," aber es hielt ihn doch nicht in diesem nordischen Athen. Nach schwerem innerem Kampfe thut er selbst mit vollem Bewufstsein Unrecht, tritt zu einer anderen Confession über, ohne dafs die religiöse Empfindung oder Ueberzeugung dabei irgend ins Spiel gekommen wäre, um — seine weltgeschichtliche Mission ganz zu erfüllen. Er mufste in das Land der Kunst.

Ehe aber noch Winckelmann seine Uebersiedelung nach Italien vollzog, veröffentlichte er die Schrift, die der Kunst die Wege wies, welche sie wenige Jahrzehnte später bei uns in Deutschland gegangen ist. Ja, allein schon der Titel dieser Schrift könnte, wenn er nicht mifsverstanden wird, und wenn man ihn auch auf die Architektur ausdehnt, zugleich als Ueberschrift der durch Winckelmann eingeleiteten Epoche der deutschen Kunstgeschichte dienen. „Gedanken über die Nachahmung der griechischen Werke in der Malerei und Bildhauerkunst", so nennt sich das Büchlein, durch welches Winckelmann sich sofort in die Reihe der bedeutendsten deutschen Schriftsteller schwang. Dieses Werk enthält sein wahres Glaubensbekenntnifs; hier hat er in mustergültiger knapper Form die Resultate jahrelanger Studien und tiefen Nachdenkens niedergelegt; und die grofse, über die Grenzen Deutschlands hinausgehende Wirkung, die er damit erzielte, beweist, dafs das unablässige Ringen und Streben seines Geistes nicht blos für ihn von Bedeutung gewesen, sondern dafs er zu jenen weltgeschichtlichen Charakteren gehört, die es auf sich nehmen, Vordenker, Vorkämpfer auf dem Gebiete des Geistes zu sein für ihr Volk, ihre Zeit, für die Menschheit.

Nicht blos insofern Winckelmann in dieser Schrift auf das zu erneuernde Studium der Antike überhaupt, als das einzige Mittel, aus der Unnatur der Kunst jener Tage herauszukommen, hinweist, ist er der Bahnbrecher für die nun folgende künstlerische Entwickelung geworden; er hat hier auch ganz ausdrücklich die Wiederbelebung des griechischen Kunstgeistes im Gegensatz zum römischen betont, und so den Carstens, Thorvaldsen, Schinkel die Wege gebahnt. „Eine Bildsäule von einer alten römischen Hand wird sich gegen ein griechisches Urbild allemal verhalten, wie Virgil's Dido ..... sich gegen Homer's Nausikaa verhält, welche jener nachzuahmen gesucht hat." Dieser Ausspruch Winckelmann's liefse sich gewissermaafsen als Motto an die Spitze derjenigen Renaissance setzen, die wir heute betrachten, der Renaissance der griechischen Kunst, in Angriff genommen durch unsere grofsen Meister am Schlusse des vorigen und im Beginne unseres Jahrhunderts. Hier liegt auch einer der Hauptunterschiede zwischen dieser unserer Renaissance und der italienischen des 15. und 16. Jahrhunderts. Wir sahen schon, wie die Architekten jener Zeit die griechische Baukunst bei Seite liefsen; war es nun auch mit der Sculptur nicht ganz ebenso, blieben die allmälig dem antik-römischen Boden entsteigenden Werke spät-griechischen Meifsels nicht ohne Einflufs auf die Bildnerei der Renaissancezeit: so wurde doch kein principieller Unterschied gemacht zwischen griechischer und römischer Kunst; das nach ganz malerischen Gesichtspunkten behandelte Relief folgte sogar ausschliefslich den Vorbildern aus römischer Zeit. Es blieb unserem Jahrhunderte vorbehalten, an der Hand griechischer Denkmäler aus der besten Zeit die Gröfse der hellenischen Kunst ganz zu erkennen.

Es ist so recht unserem deutschen Geistesleben entsprechend, dafs die Reform der Kunst auf dem Gebiete der Theorie, nicht der Praxis begann. Winckelmann hat es doch wohl zuerst mit voller Wucht ausgesprochen, dafs die Kunst, wie sie sich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts darstellte, einer durchgreifenden Reform bedurfte. Ihm war es deutlich, in welchem Grade die Kunst sich von Natur und Wahrheit entfernt hatte. Er empfand das Widersinnige eines Ornamentes, das dem von demselben verzierten Architektur-

theile nicht entsprach; er klagt über die „Schnörkel und das allerliebste Muschelwerk" des Roccoco, „ohne welches jetzt kein Zierrat förmlich werden könne." Dieses Ornament habe „manchmal nicht mehr Natur als Vitruv's Leuchter, welche kleine Schlösser und Paläste trugen." In der Malerei war ihm das gespreizte Wesen, die Uebertreibung in der Darstellung erregter Momente zuwider. Er klagt über den „gemeinsten Geschmack" der damaligen, sonderlich der angehenden Künstler. „Ihren Beifall verdiene nichts, als worin ungewöhnliche Stellungen und Handlungen, die ein freches Feuer begleitet, herrschen, welches sie mit Geist, mit franchezza, wie sie reden, ausgeführet heifsen." „Sie verlangen eine Seele in ihren Figuren, die wie ein Komet aus ihrem Kreise weichet; sie wünschen in jeder Figur einen Ajax und einen Kapaneus zu sehen." Diesen theatralischen Effecten gegenüber weist Winckelmann auf die edle Einfachheit und stille Gröfse der griechischen Statuen hin, Eigenschaften, welche auch die vorzügliche Gröfse eines Raphaels machen, zu welcher er durch die Nachahmung der Alten gelangt sei.

Die zuletzt angeführten Worte sind uns insofern besonders wichtig, als sie einem Mifsverständnisse, zu welchem Winckelmann's Ausdruck: „Nachahmung" leicht führen könnte, vorbeugen. Wenn Winckelmann ausruft: „Der einzige Weg für uns, grofs, ja, wenn es möglich ist, unnachahmlich zu werden, ist die Nachahmung der Alten," so will er nach dem eben Gehörten das Studium der Antike in der Weise vom modernen Künstler verwerthet wissen, wie das durch Rafael geschah. Bei einem solchen Verhalten zur griechischen Kunst ist die Selbständigkeit des Künstlers zur Genüge gewahrt; denn wer wollte Rafael etwa sclavisches Nachmachen vorwerfen! Selbst diejenigen seiner Compositionen, welche antike Stoffe behandeln, wie die Psychebilder in der Farnesina, haben nichts von einer Copie an sich. Diese anmuthigen Gestalten und heiteren Scenen tragen alle den Stempel von Rafaels liebenswürdigem Naturell. Von einer archäologisch strengen Anlehnung an die antiken Typen wufste Rafael nichts. Oder wollte es Jemand übernehmen, für seinen Apollo mit der Geige und die Musen auf dem Stanzen-Bilde, das den Parnafs darstellt, die antiken Vorbilder zu finden? Die goldene Zeit der italienischen Kunst glaubte sich keineswegs verpflichtet, das Alterthum wieder erstehen zu machen. Aber nie wieder hat es eine Zeit in dem Maafse verstanden, aus einer längst verflossenen Culturepoche das allgemein Gültige, das Ewige herauszufinden.

Wir haben uns davon überzeugt, dafs Winckelmann auf's Entschiedenste der Kunst seiner Zeit das Zurückgehen auf die griechische Kunst anrieth. Hat nun aber auch sein Wort gewirkt? Ich meine: Sind wir berechtigt, wenn wir von dem Wiederaufleben des griechischen Geistes in der deutschen Kunst reden, Winckelmann's Theorieen in einem solchen Grade zu betonen? Ich glaube: Ja! Ich sprach schon von der durchschlagenden Wirkung, deren sich das Schriftchen über die Nachahmung gleich bei seinem Erscheinen erfreute. Durch seine begeisterten antiken Studien in Rom, durch die Veröffentlichung seiner Geschichte der Kunst des Alterthums wurde Winckelmann nicht blos der Begründer einer lebensvollen Wissenschaft: der classischen Archäologie, welche an die Stelle trockener, blos antiquarischer Gelehrsamkeit trat; er erweckte dadurch auch das Interesse für die griechische Kunst in weiten Kreisen. Er öffnete dem gebildeten Theil der Nation die Augen für die Schönheit der hellenischen Welt. Lessing, der bei der Nachricht vom frühen entsetzlichen Tode Winckelmann's äufserte, er hätte ihm gern ein Paar Jahre von seinem Leben geschenkt, hätte schwerlich seinen Laokoon geschrieben, wenn nicht Winckelmann vorangegangen wäre. Wie viel Goethe den Studien Winckelmann's zu verdanken sich bewufst war, ersieht man aus der Wärme, welche das schöne Charakterbild durchdringt, das er von ihm verfafste. Wo im Beginn unseres Jahrhunderts von der Kunst theoretisch gehandelt wurde, ging man immer wieder auf Winckelmann zurück: voller Bewunderung erkennt Schelling an, Winckelmann habe die Seele in der Kunst in ihre ganze Wirksamkeit eingesetzt und sie von der unwürdigen Abhängigkeit in das Reich geistiger Freiheit erhoben. Seit Winckelmann wurde es Sitte, dafs Künstler und Dichter nach Italien wanderten, wo, wie Goethe sich ausdrückt, für jeden Empfänglichen die eigentliche Bildungsepoche beginne. Winckelmann hat vor allen Anderen dazu beigetragen, dafs die Sehnsucht nach der antiken Welt ein wesentlicher Bestandtheil der geistigen Atmosphäre Deutschlands ward. Aus dieser Atmosphäre heraus schuf Goethe seine Iphigenie, klagte Schiller in seinen Göttern Griechenlands:

> „Schöne Welt, wo bist Du? Kehre wieder,
> Holdes Blüthenalter der Natur!
> Ach, nur in dem Feenland der Lieder
> Lebt noch Deine fabelhafte Spur!"

Und wenn Gluck die Oper von jener Unmasse von nichtssagenden Trillern befreite, welche dem musikalischen Gebäude etwa in der Weise anhafteten, wie die Roccoco-Schnörkel dem architektonischen; wenn er in seinem Orpheus, seiner Alceste und Iphigenie Gestalten von antiker Grofsheit schuf: wer will sagen, ob nicht auch er unter dem Einflufs der von Winckelmann ausgegangenen Geistesströmung stand! Ihr entnahmen jedenfalls Carstens, Thorvaldsen, Schinkel ihre geistige Nahrung.

Ehe diese Männer aber dem echt griechischen Geiste nun auch in die Kunstpraxis Eingang verschafften, hatten bereits Andere dem Reformbedürfnifs dadurch Ausdruck gegeben, dafs auch sie antike Elemente, aber freilich vielfach in mifsverstandener Weise, und mit nicht dazu Gehörigem vermengt, in ihre Kunst aufgenommen hatten.

In der Malerei gehört Rafael Mengs zu diesen Vorboten der griechischen Renaissance. Wir, die wir heute die Leistungen der auf ihn folgenden gröfsern Vertreter der antikisirenden Richtung überschauen, können ihm eben blos eine solche vorbereitende Stellung einräumen; uns erscheint er wesentlich als ein Eklektiker, welcher unter anderen Elementen auch die antike Kunst in sein Programm aufnahm. Ganz anders gestaltete sich das Urtheil zu Lebzeiten des Künstlers. Er ward über die Maafsen gepriesen. Vor Allen glaubte Winckelmann, als Mengs seinen Parnafs in der Villa Albani malte und darin Apollo und die Musen darstellte, als hätte man gemalte antike Statuen vor sich, „ein schöneres Werk sei in allen neueren Zeiten nicht in der Malerei erschienen und selbst Raphael würde den Kopf neigen"; er nennt Mengs den deutschen Raphael, den gröfsten Künstler seiner und vielleicht auch der folgenden Zeit; „der Inbegriff aller Schönheiten in den Figuren der Alten

finde sich in seinen unsterblichen Werken.“ Heute haben wir leicht sagen, Winckelmann habe seinen Helden arg überschätzt. „Wer in der Nacht steckt, hält die Dämmerung schon für Tag,“ sagt Goethe einmal; die Morgendämmerung eines freundlichen Tages aber war die Kunst des Mengs; und wenn seine Werke nicht den Stempel originaler Kunstschöpfungen an sich tragen, sondern aus ihnen mit einer gewissen Nüchternheit die Schule hervorblickt, so erklärt sich das zur Genüge aus dem Gange seiner künstlerischen Entwickelung: war er doch vom Vater, der ihm bei der Taufe die Namen Rafael Anton gab, mit dem Wunsche, er möchte einst zeichnen wie Rafael und coloriren wie Antonio da Correggio, zum Künstler dressirt worden.

Wo möglich in noch höherem Grade als die Malerei hatte die Sculptur im Zeitalter des Rococo sich von der Natur entfernt. Es herrschte hier noch jene geflissentliche Aufgeregtheit, jenes unplastische, leidenschaftliche Sichgeberden, jenes verzückte Auffahren, welches Bernini einst mit so weit reichendem Erfolge in die Welt gesetzt, nur dafs das Kokette in Bernini's Kunst in dem Zeitalter Ludwig's XV. bis ins Verbuhlte gesteigert worden. Was Wunder, dafs diesem Verfall gegenüber die antikisirende Richtung Canova's als eine Erlösung erschien und die süfsliche Grazie und Weichlichkeit seiner jugendlichen Gestalten, sowie das theatralische Pathos bei heroischen Gegenständen nicht sogleich als Mängel bemerkt wurden. Erst Carstens und Thorvaldsen zeigten, wie der moderne Künstler tiefer in das Wesen der Antike dringen könne. Verkennen wir aber nicht, dafs Canova immerhin mit seinem an der antiken Plastik geläuterten Sinne befreiend gewirkt und die Macht des Berninismus gebrochen hat!

Dafs auch in der Architektur das Roccoco mit seiner wilden Verzierungslust sich überlebt hatte, empfand man in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts deutlich; aber der an die Stelle desselben tretende nüchterne sogenannte Zopfstyl konnte für die Dauer nicht genügen, da er eigentlich blos eine Negation der Maafslosigkeiten des Roccoco ohne positives Princip war. Da war nun das Geistesleben nicht blos in Deutschland so sehr durchdrungen von antiken Bildungselementen, dafs es, namentlich nach dem Vorgange der Schwesterkünste, ganz selbstverständlich erschien, man müsse bei der Antike in die Schule gehen. Auch hier aber erst ein unsicheres Experimentiren, ehe man in das wahre Wesen der antiken Baukunst der besten Zeit tiefer einzudringen vermag. Gestatten Sie mir auch hier, wie bei der Malerei und Plastik, mit Uebergehung anderer, vielleicht kaum minder bezeichnender Künstler, nur einen Meister namhaft zu machen, der uns dieses Stadium gleichsam der Vorbereitung ins Gedächtnifs bringen mag. Im Jahre 1793 begann Langhans den Bau des Brandenburger Thores. Obgleich er dazu durch attische Bauten, die man seit den bahnbrechenden Publicationen von Stuart und Revett zu berücksichtigen begann, und speciell durch die Propyläen angeregt ward, so hatte er doch offenbar noch kein Auge für die harmonische Schönheit der griechischen Säulenordnungen und Proportionen der Perikleischen Zeit. Er hätte sonst seine dorischen Säulen nicht so schlank gebildet, sie nicht jonisch cannelirt, noch mit Basen versehen, mit einem Worte: die Vorbilder, welche ihm aus jener höchsten Blüthezeit griechischer Kunst vorlagen, hätten ihm mehr gegolten, als sein Vitruv.

Bei den Versuchen der Erneuerung classischer Kunst, wie sie Mengs, Canova, Langhans und eine Reihe anderer in ähnlichen Bahnen einhergehender Künstler machten, konnte sich der Genius der griechischen Kunst nicht beruhigen. Während in dem revolutionären, romanischen Frankreich eine mit theatralischem Pomp auftretende, von der tendenziösen Schilderung römischer Bürgertugend ausgehende classicistische Richtung die überlebte Kunst des ancien régime verdrängte, während diese von der stillen Gröfse der hellenischen Kunst weit entfernte Richtung des hochgepriesenen David rasch auch in Italien Anklang fand, ruhte der echt griechische Kunstgeist nicht eher, als bis er im germanischen Volksthum würdige Vertreter gefunden hatte. Die Werke, die vor zwei Jahrtausenden ein von mildem südlichem Klima begünstigtes Volk geschaffen, entzündeten die Phantasie der Söhne des Nordens.

In dem Antikensaal der Kopenhagener Akademie ward Jacob Asmus Carstens von der Schönheit dieser Werke in einem Maafse ergriffen, dafs ihm, der sich durch unsäglich ungünstige Lebensverhältnisse vom Weinküfer zum Kunstjünger durchgequält hatte, nun sein Lebensberuf feststand. Er liefs sich durch den von seinen Bestrebungen weit ab liegenden Geist der Akademie nicht irre machen. Wie Winckelmann, trotz allen Versuchungen zum Einschlagen anderer Wege, seinem Ideale treu blieb, so hatte das Griechenthum es auch Carstens für immer angethan. Die Werke der Griechen erschienen ihm als höhere, von einer übermenschlichen Kunst gebildete Wesen. „Von nun an,“ sagt er, „war ich fast täglich halbe Tage lang unter diesen Abgüssen, liefs mich bei ihnen einschliefsen und betrachtete sie unaufhörlich. Gezeichnet habe ich da niemals nach einer Antike. Ich glaubte, das Nachzeichnen würde mir zu nichts helfen, und wenn ich es versuchte, so war mir, als ob mein Gefühl dabei erkalte. Ich dachte also, dafs ich mehr lernen würde, wenn ich sie recht fleifsig betrachtete und ihre Formen meinem Gedächtnisse so fest einprägte, dafs ich sie nachher wieder aus der Erinnerung richtig aufzeichnen könnte; und dies war auch das Einzige, was ich nun lange Zeit trieb.“

Es kann wohl Niemandem einfallen, diese Art des Studiums ohne Weiteres zum Princip beim Unterricht in der Antikenklasse einer Akademie erheben zu wollen. Nicht Jedem, der sich mit antiken Statuen einsperren läfst und die Hände in den Schoofs legt, wird der Geist der classischen Kunst sich offenbaren. Bei der Carstens'schen Inhalationsmethode — verzeihen Sie mir diesen Ausdruck — kommt es ganz darauf an, ob der Schüler die Organe besitzt, um die griechische Luft einzuathmen. Geschichtlich betrachtet, ist es aber doch wieder so, als hätte das Princip der Wiederbelebung der modernen Kunst durch antike Elemente ganz bewufst gehandelt, als es Carstens zu seinem Werkzeuge wählte. Gerade einer solchen Wiedergeburt der griechischen Kunst von innen heraus bedurfte es; die griechischen Formen in äufserlicher Weise nachzuahmen, dazu hatte es ja auch Mengs durch eifriges Copiren gebracht. Während er aber die griechischen Formen blos mit der Hand erfafst hatte, wird Carstens mit seinem Geiste völlig in ihnen einheimisch.

Der Gang von Carstens' gesammtem Kunststudium hat, wie sein blofses Betrachten der Antike, nur eine subjective Berechtigung. Sogleich an's Componiren zu gehen, ob-

gleich Einem die technischen Fertigkeiten und Erfahrungen noch gänzlich abgehen: es hat etwas Paradoxes. Bahnbrechenden Geistern ist es eigen, dafs sie das Princip, welches sie ins Leben zu führen bestimmt sind, mit schroffer Einseitigkeit vertreten; die Vermittelung mit dem Vorhandenen überlassen sie weicheren Naturen. Es kam darauf an, der allgemein herrschenden gedankenlosen „glatten und süfslichen Virtuosität" eine kräftige, selbständig empfindende Kunstrichtung entgegen zu setzen, und das hat Carstens gethan. Stolz, ja trotzig ist er seinen einsamen Weg gegangen und hat für diese seine Selbständigkeit viel Bitteres erleiden müssen. Mögen aber seine Werke im Einzelnen auch so manche Mängel zeigen, mag es sich da rächen, dafs er nicht direct nach der Natur arbeitete: es geht ein grofser Zug durch sie alle, es werden uns lebens- und ausdrucksvolle Gestalten in Stellungen vorgeführt, welche vor denjenigen so vieler anderer Maler den Vorzug voraus haben, dafs man nirgend an das Posiren eines Modells erinnert wird. Ein solches freies Schaffen aus der eigenen, durch das tiefe Studium antiker Kunst und die Lectüre antiker Dichter befruchteten und geläuterten Phantasie heraus war aber damals geradezu etwas Unerhörtes, eine Befreiungsthat.

Man denke nur an die Art, wie zu Anfang der neunziger Jahre, als Carstens nach Italien kam, dort von seinen Kunstgenossen gemalt wurde! Es herrschte, namentlich auch unter seinen Landsleuten, eine höchst geistlose Componirmethode; er fand in den Werken, die er dort entstehen sah, „ein widriges Gemisch von Antike, gemeiner Modellnatur, von hier und dort zusammengesuchten Armen, Beinen und Gewandfetzen, theatralische Stellungssucht in der Gruppirung, unnatürlich gespreiztes Handeln und übertriebenen oder nichtssagenden Ausdruck." Laut und bitter spottete er über einen damals beim Componiren angewendeten Apparat, „durch welchen der geistigste Theil der Kunst, das Erfinden, auf ein blos mechanisches Puppenspiel zurückgebracht sei; wo man die ganze Composition aus kleinen Wachs- und Thonfigürchen in einem Guckkasten zusammenbauet, um ein colossales Bild danach zu malen." Man mufs sich die ganze Misère des damaligen Kunstbetriebes gegenwärtig halten, um das Verdienst, das Carstens sich um die neuere deutsche Kunst erworben, ganz zu würdigen; erst dann wird man auch das Einseitige in seinen Principien gerecht beurtheilen. So verstehen wir z. B. seine entschiedene Abneigung gegen das Actzeichnen eher, wenn wir erfahren, dafs die tüchtigsten damaligen Actzeichner „nie das wirklich vor ihnen stehende Modell in seiner Individualität treu nachzeichneten, sondern statt desselben immer nur eine und dieselbe Figur, zu der sie den Leisten im Kopf hatten, in der gegebenen Stellung mechanisch wiederholten." Es war eben dahin gekommen, dafs man es gänzlich verlernt hatte, die Natur, so wie sie wirklich war, zu sehen. Hier war nun der wieder auflebenden Antike eine grofse kunstpädagogische Aufgabe gestellt. Sie mufste den Künstlern erst wieder jene Binde von den Augen entfernen, welche sie hinderte, die Natur zu schauen. Gewifs ist es nicht ohne Bedeutung, dafs auch derjenige deutsche Bildhauer, welcher zuerst einem kräftigen Realismus huldigte, dafs Gottfried Schadow sich durch das Studium der antiken Kunstwerke in Rom von den Einflüssen der manieristischen Tassaert'schen Schule reinigte, ehe er mit seinen höchst charaktervollen Schöpfungen auftrat.

Wie Winckelmann, der theoretische Pfadfinder der griechischen Renaissance, für seine geliebte Antike gelitten und Unrecht gethan, so auch Carstens, dem die Aufgabe zugefallen war, das neue Princip in die Praxis einzuführen. Um das nöthige Geld für eine Studienreise nach Italien, wohin es ihn wie einst Winckelmann mächtig zog, zu erwerben, fertigte er mit Aufbietung aller seiner Kräfte Bildnisse. Dabei konnte er aber das Componiren nicht lassen. Seine Leidenschaft für die Kunst war so grofs, dafs er oft auch im Winter in der Nacht aufstand und arbeitete, wenn ihn die Gedanken an eine angefangene Arbeit nicht ruhen liefsen, und dann gegen Morgen halb erstarrt wieder zu Bett ging. Die erste italienische Reise brachte ihn freilich blos bis Mantua, wo er in Giulio Romano's Werken zum ersten mal wirklich monumentale Malereien zu sehen bekam. Geldmangel nöthigte ihn zur Heimkehr. Nach diesem kurzen Lichtblicke wieder fünf Jahre voller Entbehrungen, aber auch voller Arbeit an sich selbst. Die Mufse, die ihm das verhafste Portraitiren und seine Krankheit liefsen, benutzte er zum selbständigen Erfinden oder zum Studium der antiken Dichter, sowie Shakespeare's, Ossian's, Klopstock's. Dann endlich wird sein Talent erkannt. Er erhält eine Professur an der Gypsklasse unserer hiesigen Kunstakademie. Im Jahre 1792 geht sein sehnlichster Wunsch in Erfüllung: er reist als Pensionär zur weiteren Ausbildung nach Rom. Hier fühlt er sich, wieder wie einst Winckelmann, in seiner eigentlichen Heimath. Wie jener sich zu einer Unwahrheit entschlofs, um nach Rom übersiedeln zu können, so fühlt sich Carstens berechtigt, seinen Verpflichtungen gegen die Akademie nicht nachzukommen, um diejenigen gegen seine Kunst zu erfüllen: „Nicht der Berliner Akademie, sondern der Menschheit gehöre er an .....; er könne sich nur in Rom, unter den besten Kunstwerken, die in der Welt sind, ausbilden und werde nach seinen Kräften fortfahren, sich mit seinen Arbeiten vor der Welt zu rechtfertigen. Lasse er doch alle dortigen Vortheile fahren und ziehe ihnen Armuth, ungewisse Zukunft und vielleicht ein kränkliches, hilfloses Alter bei seinem schon jetzt schwächlichen Körper vor, um seine Pflicht und seinen Beruf zur Kunst zu erfüllen."

Diesen Beruf hat er denn auch erfüllt. Unter den Antiken Roms, im begeisterten Anschauen der vatikanischen Fresken Rafael's und Michelangelo's ist er in den sechs Jahren, die ihm noch zu leben vergönnt war, stetig gewachsen. Nirgend eine Concession an den herrschenden Geschmack. Sich seines Zieles völlig bewufst, schreitet er in der von Anfang an eingeschlagenen Richtung sicher vorwärts. Immer gehaltvoller werden seine der antiken Sage entnommenen Compositionen, die Fehler seiner Zeichnung verwischen sich, immer reiner empfindet er den Geist der Antike, immer näher kommt er der Natur. Bereits im April 1795 konnte Carstens eine öffentliche Ausstellung seiner in Rom geschaffenen Werke veranstalten, eine Ausstellung, die nicht blos für das damalige Rom ein Ereignifs genannt zu werden verdient; denn von hier an datirt ein entschiedener Einflufs seines Geistes. Endlich war gegen die verrottete Kunstpraxis jener Tage ein entscheidender Schlag geführt worden!

Dafs die Anhänger des Alten sich durch den kühnen Neuerer vielfach verletzt fühlten, wundert uns nicht; ebenso wenig, dafs man sich in diesen Kreisen durch kleinliche

Ausstellungen an der Ausführung von Einzelnheiten schadlos hielt und sich mit dem Gedanken tröstete, der Neuerer sei doch blos ein Skizzirer, ein Oelbild zu malen sei er nicht im Stande. Aber das Befreiende, das in seiner That lag, wurde doch in immer weiteren Kreisen empfunden. Standen ihm die meisten seiner deutschen Kunstgenossen in Rom zunächst feindlich gegenüber, so spendete ihm der Architekt Genelli, als er einige der in Rom ausgestellt gewesenen Werke in Berlin zu sehen bekam, begeistertes Lob: „er rühmt die Ruhe der Scenen, die individuelle, im Stillen thätige Seelenkraft, überall ..... charakteristisch wirkend..... Man fühle, dies seien wahre Menschen.“ Aus diesen Worten spricht die Genugthuung darüber, dafs Carstens jener gespreizten unwahren Manier, welche Winckelmann einst so bitter gerügt hatte, die Axt an die Wurzel gelegt. Und bald begann Carstens' Richtung auf die Kunst selbst Einflufs zu üben. Standen Wächter, Schick, Koch auch nicht ausschliefslich unter dieser Einwirkung, mochte namentlich Schick im Wesentlichen selbständig ähnliche Ziele verfolgen, wie Carstens; so hat doch wieder Koch in seiner derben Weise ausdrücklich erklärt, durch den Umgang mit Carstens habe er „den Staub der akademischen Dummheit“ abschütteln gelernt. Dafs Cornelius neben der Einwirkung der Romantik auch diejenige der durch Carstens wieder zu Ehren gebrachten antiken Studien erfahren, davon legen seine Cartons, welche nun in unserer Nationalgalerie eine ihrer würdige Aufstellung erhalten haben, deutlich Zeugnifs ab.

Es kann aber nicht Wunder nehmen, dafs der Haupteinflufs von Carstens nicht in der Geschichte der Malerei, sondern derjenigen der Sculptur zu verzeichnen ist. Seine antikisirende Richtung steht der Plastik näher als der Malerei. Durch ihn hat denn auch Thorvaldsen, der nachgeborene Grieche, vielleicht unter allen Zeitgenossen die entschiedenste Anregung erhalten. Einmal sagt Thorvaldsen, freilich in seiner bescheidenen Weise die eigene Begabung unterschätzend, er verdanke Alles, was er sei, nur Carstens, ohne ihn würde er schwerlich den rechten Weg gefunden haben. In der That hat er von Carstens gelernt, die Antike nicht äufserlich, sondern ihrem Wesen nach auf sich einwirken zu lassen. Ueber diesem Einflusse des Künstlers auf den Künstler dürfen wir denjenigen der Kunstwissenschaft nicht vergessen. Thorvaldsen's Landsmann, der Alterthumsforscher Zoëga, hat durch sein strenges Urtheil den Künstler vielfach gefördert. Er hat ihm, wie Thorvaldsen selbst erzählt, seine Figuren beurtheilt und oft mit den Worten getadelt: „Das hätten die Alten nicht so gemacht.“ Dann rifs der Künstler seine Gestalten wohl wieder ein, „so lange bis er sie dem reinen Geschmack der Antike näher gebracht.“

Dieser reine Geschmack des griechischen Alterthums ist es, der aus den Meisterwerken von Thorvaldsen's Hand immer wieder zu uns redet. Wie süfslich erscheinen neben diesen schlichten Bildungen die Statuen eines Canova. Man vergleiche nur Canova's Paris in der Münchener Glyptothek mit Thorvaldsen's Adonis ebenda. Kaum ein anderer Künstler ist so tief in das Wesen der griechischen Götterideale eingedrungen, wie Thorvaldsen. Man denke gegenüber seinem schwärmerisch und sehnsüchtig blickenden Dionysos etwa an Michelangelo's Bacchus, in welchem das Wesen eines vor Trunkenheit lallenden Jünglings allerdings mit packender Wahrheit wiedergegeben ist, dessen Bezeichnung als Bacchus aber eine gänzlich willkürliche ist. Vor Allem aber im Relief zeigt sich Thorvaldsen als genialer Vertreter der specifisch griechischen Renaissance. Hier steht er dem classischen Alterthum weit näher, als die gesammte italienische Renaissance des fünfzehnten und sechzehnten Jahrhunderts. Wie sehr man auch die Virtuosität, mit welcher ein Ghiberti seine zahllosen Figuren auf die scheinbar sich vertiefenden Flächen seiner berühmten Thür gebracht hat, bewundern mufs, wie bedeutend auch sein Geschick war, Landschaften und Architekturen in aller Ausführlichkeit mit den widerstrebenden Mitteln seiner Kunst zur Darstellung zu bringen; es kommt Einem diesen Reliefs gegenüber immer wieder der Gedanke: wie schade, dafs der Künstler nicht zu Pinsel und Palette griff; das, was jetzt mehr als Virtuosenkunststück erscheint, würde dann von hohem Reize sein. Der Charakter dieser Arbeiten wie der Reliefs aus der Renaissancezeit überhaupt ist durchweg ein malerischer. Dem gegenüber bei Thorvaldsen die weise Selbstbeschränkung, wie sie die antiken Reliefbildner der besten Zeit geübt. Statt des dichtgedrängten Hintereinander der Ghiberti'schen Reliefiguren, ein schlichtes Nebeneinander wie am Parthenon. Nirgend jene Spielerei mit der mannichfaltigsten Höhe des Reliefs in einem und demselben Bilde oder mit perspektivischen Verkürzungen, die beim Mangel der Luftperspective stets einen unwahren Eindruck machen müssen.

Es liegt in der Natur der Dinge, dafs auf keinem anderen Kunstgebiete die Nachahmung der griechischen Werke eine so directe sein konnte, wie in der Plastik. In der Architektur ist eine derartige Anlehnung an die Antike wie bei Thorvaldsen nicht möglich, es müfste denn wieder eine Zeit kommen, welche Tempel als Wohnhäuser von Gottheiten bedürfte.

So war ja denn auch die Nachahmung der antiken Baukunst in der Renaissancezeit eine sehr bedingte. Für die Composition von Kirchen und Palästen gab es keine Vorbilder aus dem Alterthume. Die Nachahmung beschränkte sich im Wesentlichen auf die Ausstattung dieser selbständig durch die Baumeister der Renaissancezeit geschaffenen Räume mit antiken Kunstformen.

Welche ungelöste Aufgaben hat nun aber die Renaissance-Architektur späteren Jahrhunderten hinterlassen? Zunächst doch wohl diese: über die damals immer wieder zum Ausgangspunkte dienenden und doch blos abgeleiteten römischen Architekturformen hinweg vorzudringen bis zu der lauteren Quelle derselben: der hellenischen Baukunst der besten Zeit. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts ward wieder auf deutschem Boden der erste Schritt dazu gethan.

Der junge Gilly hatte anfangs dem in Berlin herrschenden Geschmack an neuer französischer Baukunst gehuldigt. Für die Dauer fühlte er sich aber dadurch nicht befriedigt. Immer wieder hörte er, wie sein Freund Levezow in seiner Denkschrift auf Friedrich Gilly berichtet, von der Antike und antikem Geschmack reden, ohne recht erfahren zu können, worin denn das Wesen dieser antiken Kunst bestehe. Da legte er sein Reifsbrett, seinen Zeichenstift und Pinsel eine Zeitlang bei Seite und vertiefte sich in das Studium des Alterthums, und zwar beschränkte er sich nicht auf die antiken Architekturdenkmäler, sondern suchte in die Totalität der antiken Bildung zu dringen. Er fing an, die Geschichte, Mythologie und Poesie des Alterthums mit unverdrossenem

Fleifse Tag und Nacht zu studiren und dadurch das, was ihm in dem Charakter der antiken Werke räthselhaft war, allmälig zu verstehen. Eine neue Welt entschleierte sich nach und nach vor seinem Blicke. Der Charakter der alten Völker erregte seine Bewunderung. Die Schönheit und Reinheit ihrer Phantasie läuterte seinen Geschmack. Einfachheit der Ideen, Gröfse, harmonische Einheit der einzelnen Formen mit dem Ganzen, höchste innere Vollendung des Ornamentes, welches nur durch die Zweckmäfsigkeit und höheres Bedürfnifs nothwendig geboten und durch ein freies Spiel des echten Schönheitsgefühls erzeugt, nicht aber auf eine zweckwidrige und bedeutungslose Art verschwendet ist, das war, wie Levezow sagt, „der Hauptinhalt der Bemerkungen, die er sehr bald von einer genaueren Ansicht der Denkmäler der alten Baukunst abzog."

Die Frucht dieser antiken Studien, oder wie Gilly es selbst nannte, dieser „architektonischen Wiedergeburt" war sein Entwurf zu dem Denkmal Friedrich's des Grofsen. In idealem Sinne fafste er die Aufgabe. Eine blofse Statue genügte ihm nicht; er kam mit dem Freunde Levezow überein, „mit derselben müsse ein Werk der Baukunst verbunden werden, das als ein Nationalheiligthum dienen könnte und das alle Gröfse und Majestät in sich vereinigen müsse, um dadurch zu einem Beförderungsmittel grofser moralischer und patriotischer Zwecke erhoben zu werden, wie es die grofsen öffentlichen Gebäude und Denkmäler der Alten waren." Wir sehen: Gilly schöpft wie Carstens aus dem Vollen des griechischen Geisteslebens, von einem sclavischen Nachahmen blos dieses oder jenes künstlerischen Details ist nicht die Rede. Der in den Räumen der technischen Baudeputation befindliche, sorgfältig aquarellirte Entwurf zeigt einen dorischen Peripteros von 8 zu 12 Säulen auf hohem Unterbau mit grofsartiger Treppenanlage. Dieser, die sitzende Idealstatue des Königs bergende Tempel ist hineingestellt in eine ebenfalls in strengem, dorischem Sinne stylisirte Umgebung. In diesem Entwurfe ist in der That das Derbe, Kriegerische des dorischen Styles unvergleichlich reiner zum Ausdruck gekommen, als es bei Langhans der Fall war. Ja es ist, als hätte der Künstler in der Freude darüber, dafs er das wahre Wesen dieses Styles wiederentdeckt, sich in der Betonung jener herben Kraft nicht genug thun können. Er hat, wenn ich mich so ausdrücken darf, das Dorische überdorisirt. Müssen wir aber auch zugeben, dafs bezüglich der Auffassung der Antike über den zu früh verstorbenen Gilly hinaus ein bedeutender Fortschritt möglich war, so hat er doch auf der Bahn, welche Schinkel so siegreich wanderte, den ersten bedeutsamen Schritt gethan. Wir sahen bereits, dafs er, wie später Schinkel, seine Aufgabe in grofsartigem Sinne fafste, dafs er das zu errichtende Gebäude in den innigsten Zusammenhang mit einer bestimmten, von ihm ebenfalls entworfenen landschaftlichen und architektonischen Umgebung setzte.

Es ist bekannt, dafs die Gilly'schen Entwürfe den sechzehnjährigen Schinkel für die Architektur gewannen.

Hiermit stehe ich am Schlusse meines Themas. Ich habe versucht, das Wiedererwachen des zwei Jahrtausende hindurch wie im Schlafe befangenen echt griechischen Kunstgeistes in wenigen Andeutungen zu schildern; ich habe an einige Hauptvertreter dieser griechischen Renaissance in Wissenschaft und Kunst vor Schinkel erinnert. Es ist gewifs nicht zufällig, dafs diese Männer alle dem germanischen Volksthume angehören, und dafs auch derjenige unter ihnen, welcher nicht deutscher Herkunft war, Thorvaldsen, wesentlich deutsche Bildungselemente in sich aufnahm. Man hat oft auch auf anderen Gebieten als auf demjenigen der Kunst die Verwandtschaft zwischen deutscher und griechischer Art betont. Die „Wiedergeburt der griechischen Schönheit aus deutschem Geiste" ist einer der Beweise für diese Verwandtschaft. Die Renaissance der romanischen Völker geht mit Vorliebe auf das ihnen geistig näher stehende antike Rom zurück: so war es im fünfzehnten und sechzehnten Jahrhundert in Italien, so gegen Ende des vorigen und im Beginn des unsrigen in Frankreich, als David seine theatralischen Gemälde schuf und die Architekten des ersten Kaiserreichs im römischen Style bauten.

Gestatten Sie mir nun eine Bemerkung, um einem Mifsverständnisse vorzubeugen, zu welchem mein Vortrag leicht Anlafs geben könnte. Sieht es nicht so aus, als meinte ich, die heutige Kunst hätte unter allen Umständen nichts Eiligeres zu thun, als in der Weise eines Carstens, eines Thorvaldsen, eines Gilly die Antike wieder zum Muster zu nehmen?

Dieses ist nun meine Meinung keineswegs.

Das Studium der griechischen Kunst wird gewifs unter allen Umständen dem Künstler zum Segen gereichen. In welcher Weise und ob er dieses Studium direct zu verwerthen hat, wird immer wieder von der zu lösenden Aufgabe und von seiner Individualität abhängen. Gegen sclavische Nachahmungen, wie diejenige des Erechtheion und des Thurmes der Winde durch den Engländer Inwood oder des choragischen Denkmals des Lysikrates durch Repton wird gewifs Protest einzulegen sein. An wessen Beispiel kann aber besser gezeigt werden, wie die antiken Studien läuternd und fördernd auf das gesammte Kunstschaffen wirken können, als an demjenigen Schinkels!

Es ist durch viele Jahre an dem heutigen Tage von Schinkel geredet worden. Wiederholt ist sein Verhältnifs zur antiken Kunst einer eingehenden Betrachtung unterzogen worden.

Wenn der junge Schinkel seinen Lehrer Gilly „den Schöpfer dessen, was er sei," nannte, wenn er erklärte, dafs er, „wenn das Geringste in ihm aufkeime und einigen Fortgang fände, diese Vortheile allein dem lehrreichen Umgange mit Gilly zuzuschreiben habe," so sind diese begeisterten Worte ein schöner Beweis für Schinkel's dankbares Gemüth und sie constatiren den innigen Schulzusammenhang, in welchem sich Schinkel zu seinem Vorgänger fühlte.

Aber Schinkel hat sich dann doch wieder in ganz origineller Weise zur Antike verhalten. Seine Jünglingsjahre fallen in die Zeit der blühenden Romantik. Diese hatte es ihm denn auch bald in einem solchen Grade angethan, dafs er während seiner italienischen Reise schreiben konnte: die Reste des Alterthums böten dem Architekten zumeist nichts Neues, weil man von Jugend auf mit ihnen bekannt sei. Ja, als er im Jahre 1810 seinen Entwurf eines Mausoleums für die Königin Luise in gothischem Style lieferte, nannte er in dem Begleitschreiben die Antike „für uns kalt und bedeutungslos, erst in der Gothik sei das Ideelle ausgeprägt und veranschaulicht, Idee und Wirklichkeit in einander ver-

schmolzen.“ Und wer seine zahlreichen Architektur- und Landschaftsbilder aus jener Periode, wer seine Entwürfe zu Theaterdecorationen mit der lauschigen Waldeinsamkeit an stillen Weihern und den trotzigen Ritterburgen, oder den schäumenden Wasserfällen in düsterer Gebirgslandschaft und den tropischen Palmenwäldern betrachtet, den weht es an wie aus den romantischen Erzählungen jener Tage. Aber, wie einst Goethe aus dem kraftgenialischen Schaffen der Sturm- und Drangperiode, aus der nordisch schwermüthigen Phantasie seines Werther emporstieg zu der antiken Klarheit und plastischen Schönheit seiner Iphigenie; wie ihm, dem begeisterten Bewunderer des Strafsburger Münsters, der christlich gothischen Baukunst, der Sinn für die Herrlichkeit griechischer Kunst aufging; wie Cornelius, nachdem er der Romantik seinen Tribut gezollt, „auf die Antike als auf das wirksamste Gegengift gegen Madonnensucht und Undinenschwärmerei“ hinwies: so liefs auch der antike Kunstgeist, der einst den noch fast im Knabenalter stehenden Gymnasiasten erfafst hatte, auf die Dauer nicht ab von einem solchen Vertreter. Als Schinkel dazu berufen ward, als praktischer Architekt thätig zu sein, da legte er Zeugnifs ab von einer Vertiefung ins griechische Alterthum, wie wir sie bei keinem seiner Vorgänger finden. Kein Gedanke an ein einfaches Reproduciren einst schon geschaffener Werke! Wie Goethe's Iphigenie tief durchdrungen ist von antikem Geiste und doch in jedem Worte Goethe wiederspiegelt, so ist es mit Schinkel's Schöpfungen.

Griechisches Maafs, griechische Empfindung für das Zweckmäfsige, für die Harmonie zwischen Inhalt und Form sind ihm zur zweiten Natur geworden. Er schafft aus derselben heraus, auch wo er Kunstformen nicht griechischen Styls handhabt. War die Schönheit der italienischen Renaissance-Bauten immer wieder eine specifisch malerische gewesen, so führte Schinkel an der Hand der griechischen Kunst eine wesentlich architektonische Schönheit wieder in die Architektur ein.

Schinkel lehrt uns, wie die griechische Kunst nicht da sei, um einfach nachgeahmt zu werden, sein Beispiel zeigt, wie sie ein ästhetisches Erziehungsmittel sein könne, wie man an ihrer Hand künstlerisch empfinden lerne. So wird ja auch die griechische Sprache und Literatur auf unseren Gymnasien nicht gelehrt, damit die Schüler einst in sophokleischer Weise Tragödien schreiben, sondern damit sie klar denken und für das Schöne sich begeistern lernen.

Dafs Deutschland auch heute sich der Bedeutung griechischer Kunst gerade für seine Söhne bewufst ist, dafs jener Geist der Wiederbelebung griechischer Kunst noch immer unter uns waltet, geht daraus hervor, dafs das neue deutsche Reich eine seiner ersten Aufgaben auf rein idealem Gebiete darin sah, an der Stelle, wo es hoffen durfte, ein herrliches Stück Griechenthum zu finden, danach zu suchen. Und mir scheint, wir dürfen die Freigebigkeit, mit welcher der heilige Boden von Olympia uns seine Schätze spendet, als ein Zeichen dessen ansehen, dafs der Genius von Hellas es mit unserer Kunst noch gut meint. Mit welcher Begeisterung würde Schinkel die Olympischen Funde begrüfsen!“

Darauf begann nach kurzer Pause das fröhliche Festessen, bei welchem Herr Professor Adler den ersten Toast in schwungvoller Rede auf das Andenken Schinkels ausbrachte. Nach einigen allgemeinen Liedern folgte die Erklärung der höchst geistreich von Herrn Architekten Grunert componirten Tischkarte in launiger Weise durch Herrn Baumeister Appelius. Nicht geringeren Beifall als die Tischkarte fand die zum Schlufs stattfindende Schaustellung von Nebelbildern, welche eine Reihe von Berliner Bauprojecten und Zukunftsbildern in sehr gelungener Weise zur Anschauung brachte.

---

## Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin.

Versammlung am 11. Januar 1876.

Vorsitzender: Hr. Weishaupt. Schriftführer: Hr. Streckert.

Herr Quassowski beschrieb die auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger-Eisenbahn eingeführten resp. in Einführung begriffenen festen optischen Signal-Einrichtungen und erörterte die dabei zu Grunde gelegten Principien.

Da die Sicherheit des Betriebes im Wesentlichen von den Signalen abhängig ist, so neigte man früher zu dem Grundsatz: „je mehr Signale, desto sicherer.“ In dieser Art wurde auch bei der genannten Bahn verfahren, wodurch nach und nach eine schädliche Anhäufung der Signale entstand. Die Folge war eine mangelhafte Beachtung derselben durch das Dienstpersonal. Jetzt ist man dahin gekommen, alle irgend entbehrlichen festen Signale, namentlich alle gewöhnlichen Streckensignale zu beseitigen und dieselben nur noch zur Deckung gefährdeter oder Bezeichnung Gefahr bringender Punkte anzuwenden, so dafs die Locomotivführer bei jedem solchen Signal, welches in ihren Gesichtskreis kommt, wissen, dafs es von besonderer Wichtigkeit ist, ihre ganze Aufmerksamkeit darauf zu richten.

Als solche Punkte sind besonders berücksichtigt:

1) Drehbrücken, 2) vorfahrende Züge, 3) spitzbefahrene Weichen (Abzweigungen von Bahnen oder Geleisen in Bahnhöfen), 4) Bahnhöfe.

ad 1) Als Brückensignale zum Schutz der Züge bei geöffneten Drehbrücken dienen vorgeschobene einarmige Semaphorensignale (mit einer Laterne), welche durch Drahtzüge mit den Verschlufsriegeln in Verbindung gebracht sind, und aufserdem Tafeln resp. Laternen auf der Drehbrücke selbst.

ad 2) Die Züge werden gegen das Auflaufen nachfolgender Züge durch die Blocksignale geschützt. Als solche sind auf der Strecke Berlin-Magdeburg die Siemens'schen Blockapparate mit Wecker in mechanischer Verbindung mit den optischen Signalen eingeführt. Aufserdem befindet sich in jeder Blockbude ein Kramer-Sprechapparat, welcher nach Bedürfnifs in die Kramer-Leitung eingeschaltet und dann zum Sprechen mit der nächsten Station benutzt werden kann. Aufser dieser Kramer-Leitung sind noch eine directe Morse-Leitung, eine indirecte desgl., eine Glockenleitung und die Blockleitung vorhanden.

Auf den übrigen Strecken sind nur Morse-Sprachapparate mit besonderer Leitung in den Buden aufgestellt, welche mit den Stationen und unter sich in permanenter Verbindung stehen, während die Signale auf Grund der Abmeldung der Züge freihändig bedient werden; die Kramer- und Blockleitungen fehlen. Die Betriebsbeamten geben übereinstimmend dieser letzteren Einrichtung den Vorzug. Das Wärterpersonal ist hinreichend intelligent, um das Morsesprechen leicht zu erlernen, und gewissenhaft in der pünktlichen Meldung und Bedienung.

ad 3) Spitzbefahrene Weichen in den Hauptgeleisen, mögen sie für die Abzweigung von Bahnlinien oder nur von Geleisen auf Bahnhöfen (Gütergeleisen etc.) dienen, werden durch vorgeschobene Signale gesichert, welche mit den Weichen mechanisch verbunden sind. Diese Signale erhalten einseitig 2 Flügel (Laternen) über einander, von denen der obere als Signal für die Hauptbahn oder das Hauptgeleise, der untere als Signal für die Zweigbahn oder das Nebengeleise dient.

ad 4) Zum Schutz der Bahnhöfe ist durch das Bahnpolizei-Reglement die Aufstellung von Bahnhofs-Abschlufssignalen angeordnet. Bei Bahnhöfen, an deren Eingängen sich spitz befahrene Weichen befinden, fallen die Bahnhofs-Abschlufssignale mit den ad 3 erwähnten Weichensignalen zusammen.

Wenn Vorsignale zur Anwendung kommen, so sollen dieselben mit den Hauptsignalen mechanisch verbunden sein. Dies erschwert und complicirt deren Einrichtungen, und ist dahin gestrebt, Vorsignale zu vermeiden. Solches ist nur möglich, wenn die Deckungssignale soweit vorgeschoben werden, dafs zu spätes Erkennen und Ueberfahren derselben bei Nebel etc. den Zug nicht gefährdet, sondern ein Anhalten vor dem Gefahrpunkt noch möglich ist. Deshalb sind Drahtzüge zur Bewegung der Signale bis zu 1200$^m$ Länge zur Anwendung gekommen. So lange Züge sind aber unzuverlässig und erscheint es rathsam, 600$^m$ nicht wesentlich zu überschreiten. Bei besonders wichtigen Signalen, namentlich vor Bahnabzweigungen und Drehbrücken, empfiehlt es sich, das Signal nur auf 300$^m$ Entfernung aufzustellen, auf 1000 bis 1200$^m$ vor demselben eine permanente Scheibe (im Dunkeln Laterne mit grünem Licht) als Warnung zu errichten, und den Locomotivführern die strengste Anweisung zu geben, bei Nebel und in allen Fällen, in denen sie das eigentliche Signal nicht deutlich erkennen, von dieser Warnungsscheibe an die Geschwindigkeit ihres Zuges so zu mäfsigen, dafs sie vor dem Signal unbedingt halten können, falls dasselbe ihnen die Weiterfahrt nicht gestattet. Diese Einrichtung hat sich bei der Rheinischen Bahn sehr gut bewährt.

Die Bahnlinien der Berlin-Potsdam-Magdeburger Bahn sind durchweg zweigeleisig. Wo zwei Bahnlinien neben einander her laufen, sind für jede Bahn getrennte Signalmaste neben einander aufgestellt.

Haltestellen, welche keine Weichen und Nebengeleise besitzen, werden als Bahnhöfe nicht betrachtet, und halten die Züge hier nur unter dem Schutz der Blocks. Dasselbe findet bei kleineren Stationen, bei denen nicht gegen Weichenspitzen gefahren wird, statt und besitzen diese Stationen aufserdem zur Deckung eines das andere Geleise traversirenden Zuges ein auf 1000—1200$^m$ vom Kreuzungspunkte vorgeschobenes Schutzsignal.

Die Blocks sind für dasjenige Geleise, neben welchem die Nebengeleise liegen, mindestens auf die Länge eines Güterzuges (600$^m$) + 1000 bis 1200$^m$ (je nach den Gefällverhältnissen etc.) jenseits des Schutzsignals, für das andere Geleise, neben welchem keine Nebengeleise liegen, mindestens in derselben Entfernung vor der Verbindungsweiche beider Hauptgeleise eingerichtet. Diese Einrichtung hat sich vollständig bewährt.

Ob die Blocks jedoch nach dem Wortlaut des Bahnpolizei-Reglements als Bahnhofs-Abschlüsse betrachtet werden dürfen, erscheint zweifelhaft. Daher wird jetzt nach jeder Seite ein Abschlufssignal auf 1600 bis 1800$^m$ Entfernung von der Verbindungsweiche aufgestellt und der nächste Block auf mindestens 1600—1800$^m$ von diesen Signalen entfernt angelegt werden. Zur Vermeidung zu langer Drahtzüge wird die Bedienung der Abschlufssignale den nächststehenden Wärtern übertragen, welchen die Ordre dazu möglichst durch elektrische Sprechverbindung, vorläufig auf einzelnen Stationen noch durch Perrontelegraphen und bei Nebel etc. durch schriftliche Anweisezettel von dem Stations-Beamten ertheilt wird.

Bei gröfseren Stationen, auf welchen die einfahrenden Züge gegen Weichenspitzen fahren, stehen die ad 3 und 4 erwähnten Abschlufs- und Weichensignale ca. 150$^m$ vor der Weiche und befinden sich die Station, die Bude des bedienenden Weichenstellers, sowie die nächste Blockbude in permanenter elektrischer Sprechverbindung.

Auf den besonders wichtigen Stationen, wie Berlin und Magdeburg, sind besondere Stationsbeamte (Spitzenaufseher) am Eingang derselben stationirt, welche für die Sicherheit der Ein- und Ausfahrt der Züge zu sorgen haben. Die Morseapparate ihrer Büreaus stehen mit der Station in Verbindung.

Bei den Bahnabzweigungen zu Zehlendorf, Neubabelsberg und Biederitz sind die 4 Schutzsignale und die beiden Weichen nach dem von Herrn Rüppell in der vorigen Sitzung beschriebenen System so combinirt, dafs Fahrsignale nur nach richtiger Stellung der Weichen gegeben werden können, und dafs die Herstellung sich gefährdender Signale unmöglich ist. Die 6 Hebel des Apparats befinden sich in einer kleinen Erweiterung der Weichenstellerbude, welche mit Sprech-, Block- und Tableau-Apparaten ausgerüstet ist. Letztere melden, wenn ein der Abzweigung von einer der 3 Seiten sich nähernder Zug noch ca. 2000$^m$ entfernt ist, und werden die Zeichen von dem nächsten Wärter durch Drücken auf einen Knopf gegeben. Der Abzweigungswärter vermag hiernach über die Reihenfolge, nach welcher er die Züge mit geringstem Aufenthalt passiren lassen kann und die Signale und Weichen für dieselben zu stellen hat, sicher zu disponiren.

In Eilsleben, dem Abzweigungspunkt der Schöninger- und Helmstedter-Linie, finden Zugcombinationen und Trennungen häufig statt. Es sind daher Ueberschneidungen und Kreuzungen der ein- und auslaufenden Geleise unvermeidlich. Zur Sicherung des Betriebes ist ebenfalls eine Combinirung aller feindlichen Weichen (4 Stück) mit Signalen (5 Stück) in vorgedachter Art ausgeführt, welche durch eine Gruppe von 9 Hebeln gestellt werden. Die längste feste

Leitung zur Bewegung der Weichen erreicht hier eine Länge von 270$^{m}$, der längste Signaldrahtzug fast 1100$^{m}$. In Berlin laufen die zweigeleisige Hauptbahn und die eingeleisige Verbindungsbahn neben einander ein und zweigen sich am Anfang des Aufsenbahnhofs die Gütergeleise von beiden Bahnen seitlich ab. Es stehen daher 2 einseitige Abschlufs- oder Einfahrts-Signalmaste neben einander mit je 2 Armen über einander, der rechte Mast für die Verbindungsbahn, der linke für die Stammbahn, der obere Arm für das Hauptgeleise, der untere für das abzweigende Gütergeleise geltend. 2 einarmige Maste im Güterbahnhofe und 2 dergl. auf der Seite der Personengeleise regeln die Ausfahrt der Züge und mit Hilfe eines besonders bedienten Warnungssignals für Rangirzüge auch die Kreuzung und Ueberschneidung der Geleise. Der Centralapparat bedient mit 15 Hebeln 8 Signale und 7 sich gefährdende Weichen und sichert hierdurch alle Ein- und Ausfahrten, sowie die nöthigen Ueberkreuzungen. Derselbe befindet sich in einem kleinen Gebäude, welches zugleich ein Telegraphenzimmer mit 3 Morse-Apparaten zum Sprechen mit der Personen- und Güterstation, Schöneberg und Steglitz und das Büreau des Spitzenaufsehers enthält. Die Bedienung erfolgt lediglich auf specielles Commando des letzteren. Der längste Signalzug beträgt 390$^{m}$, die längste Weichenstellungsleitung 220$^{m}$.

Die Personenstation ist durch besondere Ein- und Ausfahrtssignale in Verbindung mit der Stellung von 4 Weichen gedeckt, deren Bedienung durch 8 Hebel erfolgt. Die betreffende Bude enthält auch eine Block- und Sprechverbindung mit dem Büreau der Personenstation und empfängt von dort ihre Ordres. Ein Warnungssignal regelt die Rangirbewegungen. Das Nähere wurde unter Vorlage detaillirter Pläne erörtert.

Durch den Centralapparat im Aufsenbahnhofe sind 3 Weichensteller und durch den Apparat im Innenbahnhofe 1 Weichensteller erspart. —

Herr Langhoff sprach hierauf über Dynamit und den Transport desselben auf Eisenbahnen, und zwar zunächst einleitend über das Wesen und den Charakter der Explosionen. Die Gase und Dämpfe, welche letztere verursachen, sind meist Verbrennungsgase. Die Explosivstoffe bestehen aus einer brennbaren organischen oder mineralischen Substanz, z. B. Kohle, Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoffe und Kohlenstoffhydrate (Cellulose, Holzmehl, Baumwolle, Zucker, Stärke) Glycerin, Phenylsäure, Schwefel, Phosphor, Schwefelantimon, Cyanverbindungen, und aus einem sauerstoffreichen Körper, z.B. Salpetersäure, salpetersaure Salze, chlorsaure Salze, namentlich chlorsaures Kali, knallsaure Salze, pikrinsaure Verbindungen. Hieraus werden gebildet u.a. schwarzes Schiefspulver, Schiefsbaumwolle, weifses und gelbes Schiefspulver, Nitroglycerin, Dynamit, Dualin, Cellulose-Dynamit u. s. w. Das Dynamit besteht aus 75 Procent Nitroglycerin und 25 Proc. Kieselguhr oder Thon; letzteres saugt das flüssige Nitroglycerin in sich auf, es ist deshalb eine feste aber feuchte (plastische) Masse, welche jedoch schon bei 7$^{0}$ C. vollständig erstarrt. Das Nitroglycerin, entstanden aus der Einwirkung von rauchender Salpetersäure auf Glycerin, wurde zuerst 1847 von dem Chemiker Professor Sombrera (jetzt in Turin) dargestellt, dasselbe wird seit 1860 im Grofsen hergestellt und sind Versuche mit demselben seit 1864 von dem schwedischen Ingenieur Nobel gemacht worden. Durch diesen ist auch das Dynamit seit 1867 in den Handel gebracht. Das Dualin des Lieutenant Dittmar (1869) und Franzl's Cellulose-Dynamit (1874) sind Mischungen von Nitrocellulose und Nitroglycerin. Das Nitroglycerin explodirt nicht durch die Flamme, sondern durch Stofs, es entzündet sich bei 170$^{0}$ C. und brennt ohne Explosion in einem offenen Gefäfs lebhaft weg, es erstarrt bei — 10$^{0}$ C., einige Sorten auch früher, jedoch selten über Null Grad. Als Sprengstoff verdient Dynamit den Vorzug vor dem flüssigen Nitroglycerin; Untersuchungen (von Bolley & Kundt in Zürich 1869) über die Möglichkeit des Transportes auf Eisenbahnen haben ergeben, dafs der Stofs allein und zwar hauptsächlich zwischen Eisen und Eisen gefährlich ist. Jährlich werden ca. $1^1/_2$ Millionen Pfund fabricirt und versandt. Der Vortragende kommt schliefslich zu dem Resultat, dafs vorläufig noch gegen den Transport des Dynamits auf Eisenbahnen geltend zu machen ist: die Ungleichheit des Nitroglycerin-Fabrikates, die daraus entspringende Verschiedenheit in Bezug auf Entstehung der Explosion, die Mannigfaltigkeit der im Handel auftretenden Dynamitfabrikation, der Mifsbrauch, welchen Fabrikanten und Käufer von Explosivstoffen mit der Erlaubnifs treiben würden, Dynamit dem Eisenbahntransport zu übergeben, es würden dann alle anderen Explosivstoffe auch unter dieser Firma zum Transport aufgegeben und endlich würden die Bahnverwaltungen in Folge des Haftpflichtgesetzes ein grofses Risico übernehmen. — Herr Oberst Schulz bestreitet die gröfsere Gefährlichkeit des Dynamits beim Transport auf Eisenbahnen. Die vom Eisenbahn-Bataillon angestellten ausgedehnten Versuche hätten ergeben, dafs bei einem richtigen Mischungsverhältnisse der das Dynamit bildenden Stoffe der Transport desselben weniger gefährlich sei als derjenige des Schiefspulvers. Das Nitroglycerin müsse vollständig durch den andern Bestandtheil gebunden, d. h. von ihm aufgesogen sein. Das Kieselguhr-Dynamit erstarre schon bei + 8$^{0}$ und sei dann durch besondere Zündpatronen zur Explosion zu bringen. Man ziehe deshalb für militairische Zwecke das Cellulose-Dynamit vor, welches erst bei + 4$^{0}$ zu erhärten anfängt und bei gleichem Procentsatz von Nitroglycerin kräftiger wirkt als Kieselguhr-Dynamit. Beide Sorten erfordern aber auch im weichen Zustande besondere Vorrichtungen, um zu explodiren, und seien gegen alle anderen Einflüsse, welche die Explosion anderer Sprengmittel und namentlich des Pulvers herbeiführen, unempfindlich. Gefährlich sei der Transport von Dynamit nur dann, wenn Nitroglycerin abtropfen kann, d. h. wenn der Procentgehalt dieses Stoffes zum Kieselguhr über 73 Proc., zur Cellulose über 74 Proc. hinausgeht. Der Transport des zu militairischen Zwecken benutzten Dynamits sei bisher per Achse erfolgt.

Am Schlusse der Sitzung wurden in üblicher Abstimmung als einheimische ordentliche Mitglieder in den Verein aufgenommen: Herr Boisserée, Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspector, Gustav Schwedler, Abtheilungs-Baumeister und Franz Lamfried, Maschinenmeister.

---

## Versammlung am 8. Februar 1876.

Vorsitzender: Hr. Weishaupt. Schriftführer: Hr. Oberbeck.

Der als Gast anwesende stellvertretende Ober-Ingenieur der Rheinischen Eisenbahn, Herr Rüppell, machte im Anschlufs an seinen im December v. J. in dem Verein gehalte-

nen Vortrag über Central-Weichen- und Signal-Stellapparate einige Mittheilungen über die Kosten dieser für die Betriebssicherheit besonders wichtigen Einrichtungen, wie sie bei der Rheinischen Eisenbahn bisher an fünf verschiedenen Stellen ausgeführt sind. Vergleicht man die Anzahl der zu einem Apparat gehörigen Hebel, mittelst deren die Weichen und Signale gestellt werden, mit den Kosten, welche für den Apparat einschliefslich der zugehörigen Leitungen und je eines Wärterhäuschens bezw. Weichenthurmes in Wirklichkeit erwachsen sind, so ergiebt sich der Preis pro Hebel im Durchschnitt zu 1200 M. Die aus 40$^{mm}$ dicken Röhren zusammengesetzten und unterirdisch geführten Leitungen zu den Weichen stellen sich etwa 6—8 mal so theuer als die zu den Signalen führenden Drahtleitungen. Die Kosten fallen daher für die mit vielen Weichenhebeln und langen Weichenleitungen versehenen Apparate verhältnifsmäfsig grofs aus. Dafür bietet aber die in Rede stehende Einrichtung die Möglichkeit einer sehr erheblichen Ersparnifs an laufenden Ausgaben, indem unter Umständen die Anzahl der erforderlichen Weichensteller wesentlich beschränkt werden kann, wie denn bei der Rheinischen Eisenbahn von 27 Weichenstellern durch Aufstellung der Apparate 13 erspart worden sind. Der Vortragende stellt hiermit die nach dem Frischen'schen System construirten Vorrichtungen in Vergleich, durch welche ebenfalls die Abhängigkeit der Signale von der richtigen Weichenstellung erzielt, aber dem den Central-Apparat bedienenden Beamten neben der Stellung der Signale nur die Verriegelung der Weichen übertragen wird, während die Umstellung der letzteren besonderen Weichenstellern obliegt. Dieses System ist beispielsweise bei dem auf dem Bahnhofe Berlin in der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn von Siemens und Halske ausgeführten Apparat zur Anwendung gekommen. Aus einer überschläglichen Berechnung der Kosten, welche für einen nach Rüppel'schem System construirten Apparat erwachsen würden, der in dem vorliegenden Fall mit 22 Hebeln versehen sein müfste, glaubt der Vortragende bei Berücksichtigung der zu capitalisirenden Ausgaben für Bedienung, Unterhaltung und Amortisation folgern zu dürfen, dafs die Kosten danach noch nicht die Hälfte der in Wirklichkeit dafür aufgewendeten Kosten betragen haben würden und dafs danach die angeblichen Vorzüge des Frischen'schen Systems als zu theuer erkauft anzusehen seien.

Herr Frischen erklärte hierauf, der aufgestellte Kostenvergleich beruhe auf nicht zutreffenden Annahmen, da die für die Anlage auf Bahnhof Berlin in Ansatz gebrachten Kosten zum Theil Einrichtungen enthalten, die zwar gleichzeitig damit hergestellt, doch damit in keinem Zusammenhange stehen; ferner sei für die elektrische Drahtleitung nach der Personenhalle in Berlin, nach Stralau und Rummelsburg unterirdische Leitung zur Ausführung gekommen, die hier in Berlin durch die localen Umstände bedingt, aber keineswegs als zum System gehörig zu betrachten sei. Ferner erscheine eine Vergleichung der Kosten der beiden Systeme deshalb nicht angänglich, weil die mit dem Siemens und Halske-System durch den elektrischen Zusammenhang erzielte Centralisation und Abhängigkeit vom Stations-Chef mit dem Rüppel'schen System gar nicht zu erreichen sei; vielmehr könnten nur diejenigen Kosten zur Vergleichung herangezogen werden, welche sich auf die mechanische Abhängigkeit der Weichen- und Signalstellungen eines beschränkten Weichen- und Signal-Complexes bezögen. Aufserdem sei die beregte Anlage in Berlin eine der ersten in ihrer Art, und habe in Folge dessen manchen Kostenaufwand veranlafst, welcher später fortgefallen sei. Es könne wohl nicht verkannt werden, dafs der Rüppell'sche Apparat an und für sich wegen der kostspieligen Stangenleitungen stets theurer sein müsse, als der Siemens- und Halske'sche Apparat, bei welchem statt der Stangenleitungen Drahtzüge angebracht sind und ein und derselbe Drahtzug benutzt werden kann, um zu gleicher Zeit ein Signal zu stellen und eine oder mehrere Weichen zu verriegeln. Im Uebrigen sei nicht zu läugnen, dafs das Rüppell'sche System für gewisse Fälle sehr zweckmäfsig sei, namentlich, wenn es sich darum handele, viele kurz auf einander folgende Züge durch die Einfahrtsweichen eines Bahnhofs in verschiedene Geleise einlaufen zu lassen. Dagegen eigne es sich weniger für den Fall, dafs die betreffenden Weichen auch zum Rangiren häufiger benutzt werden müfsten. Vor Allem aber sei, wie gesagt, eine Centralisation mehrerer weit von einander gelegener Weichen- und Signal-Gruppen dadurch nicht zu erreichen; diese bilde aber gerade den Hauptzweck der Siemens- und Halske'schen Apparate; durch sie werde dem Stationschef, welchem die Verantwortlichkeit für die richtige Weichen- und Signalstellung übertragen sei, die Möglichkeit gewährt, dieselbe sicher zu controliren, wobei die Entfernung der Weichen und Signale von dem Stationsbüreau beliebig grofs sein könne. Wie wichtig dies in vielen Fällen sei, wird an einer Anzahl von Plänen ausgeführter Bahnhöfe näher nachgewiesen. Ein weiteres Eingehen auf die Eigenthümlichkeiten der beiden in Vergleich gestellten Systeme behält sich Herr Frischen der vorgeschrittenen Zeit wegen bis zur nächsten Versammlung vor.

Zum Schlusse der Sitzung wurden durch übliche Abstimmung die Herren Richter, Generaldirector der vereinigten Königs- und Laurahütte, und von Nawrocki, Civilingenieur, als einheimische ordentliche Mitglieder, ferner die Herren Kessler, Director der Baltischen Waggonfabrik zu Greifswald, und Rüppell, stellvertretender Oberingenieur der Rheinischen Eisenbahn zu Cöln, als auswärtige ordentliche Mitglieder in den Verein aufgenommen.

---

Versammlung am 14. März 1876.

Vorsitzender: Hr. Weishaupt. Schriftführer: Hr. Oberbeck.

Herr Keil hielt einen Vortrag über den Einsturz der Riesa'er Eisenbahn-Elbbrücke. Diese Brücke liegt im Tractus der Leipzig-Dresdener Eisenbahn und ist die älteste gröfsere Eisenbahnbrücke in Deutschland. Sie bestand bis zum Jahre 1866 aus 10 Oeffnungen à 50 Ellen in 3 Gruppen, deren Mittelpfeiler eine Stärke von 8, deren Gruppenpfeiler eine dergleichen von 12 Ellen hatten (1 Elle sächsisch = $0{,}_{5664}$ $^{m}$). Sämmtliche Pfeiler waren auf Pfahlrost gegründet. Die Fahrbahn war zweigeleisig und wurde durch Sprengwerke aus Holz getragen. Im Jahre 1866 brannte man sächsischer Seits die rechtsseitigen beiden Oeffnungen nieder, stellte aber preufsischer Seits den Verkehr innerhalb weniger Tage für ein Geleis durch eine anderweite Holzconstruction wieder her. Da inzwischen der hölzerne Ueberbau der Brücke mehrfach Destructionen zeigte, entschlofs man sich, die rechtsseitigen

3 Brückenöffnungen zu wölben, und führte dies dadurch aus, dafs man 4 neue Pfeiler dazwischen einschaltete und — statt der 3 mit Holzconstructionen überspannten Oeffnungen — 5 gewölbte Brückenöffnungen herstellte.

Im Laufe der Zeit hatten sich aber auch am linksseitigen Wasserpfeiler kleine Risse gezeigt; desgleichen verhielt sich das hölzerne Tragsystem der Landöffnung daselbst so gefahrdrohend, dafs nach längeren angestellten Beobachtungen eine Subconstruction in Form eines Zwischenpfeilers aus Quadern ausgeführt wurde, welche nicht allein eine directe Stützung des Sprengwerks, sondern auch eine theilweise Entlastung des Wasserpfeilers veranlassen sollte.

Dies war der Zustand des Bauwerks im Frühjahr 1873, als man sich mit Rücksicht auf den Neubau der Linie Riesa-Elsterwerda entschlofs, den totalen Umbau der Brücke für die noch vorhandenen 7 hölzernen Ueberbaue durch Aufstellung von Eisenconstructionen vorzunehmen. Da im Uebrigen gleichzeitig — auf Anordnung der Regierung — die Brücke auch für den Landfuhrwerksverkehr eingerichtet und die beiden Strompfeiler im Interesse des Schleppschifffahrtsverkehrs cassirt werden sollten, so mufsten sämmtliche Pfeiler um circa 7$^{m}$ verlängert und 2 von den Strompfeilern — behufs Aufnahme der grofsen Schifffahrtsöffnung von 164 Ellen — entsprechend verbreitert werden.

Die alten Pfeiler bestanden aus einem Mantel von elligen Quadern, der Kern war und ist Bruchsteinmauerwerk.

Die Verlängerung des Pfeilermauerwerks geschah daher einfach durch Abbrechen der stromaufwärts gelegenen Vorköpfe und Anmauern des für die Strafsenfahrbahn benöthigten Pfeilermauerwerks. Für die beiden Strompfeiler jedoch, welche die grofse, 164 Ellen weite Eisenconstruction aufnehmen sollten, wurde diese Verlängerung und Verstärkung in der Weise ausgeführt, dafs der linksseitige Strompfeiler nur auf der rechten Seite seine volle Verstärkung erhielt, während der rechtsseitige Strompfeiler ringsherum ummantelt resp. auf allen Seiten verstärkt wurde. Die Ausführung dieser Arbeiten geschah in folgender Weise: Nach erfolgter Herstellung der Fangedämme um die beiden Strompfeiler begann man unter Wasserhaltung die Ausschachtung der Baugrube bis unter die Fufssohle. Auf diese Weise legte man die äufsere Pfahlreihe des Pfahlrostes frei und gewahrte, dafs die Pfähle theilweise ausgewaschen waren. Dieser Raum wurde nun, so gut es thunlich war, mittelst Beton wieder ausgestopft und wurde nunmehr die Betonsohle für den Verbreiterungs- und Verlängerungsbau der Pfeiler eingebracht. Nach erfolgter Erhärtung des Betons wurde dann die Aufmauerung der Pfeiler ausgeführt, und zwar an den Vorderköpfen im Verbande mit dem alten Mauerwerk, hingegen ohne jeglichen Verband oder ohne irgend welche Verankerungen etc. an den Langseiten und am Hinterkopfe der Pfeiler.

Die beiden alten Zwischenpfeiler, welche durch die Herstellung der 164 Ellen weiten Eisenconstruction überflüssig wurden, liefs man, um günstige Stützpunkte für das Montagegerüst zu haben, einstweilen noch stehen, und sollte das Material derselben in diesem Frühjahr zur Steinschüttung um die beiden Strompfeiler verwendet werden. Die ganze Brücke bestand demnach vor der Katastrophe am 19. Februar c. — von Risaer Seite ab gerechnet — links aus 2 kleinen Oeffnungen mit gewölbten Bögen, hieran schlossen sich die grofse Oeffnung mit $97,_{552}{}^{m}$ Stützweite, welche durch eine Eisenconstruction mit Schwedler'schen Trägern überspannt war, und 3 kleine Oeffnungen mit $30,_{56}{}^{m}$ Stützweite, die gleichfalls durch eine Eisenconstruction mit horizontalen Fachwerksträgern überspannt waren; den Schlufs bildeten rechtsseitig die zur Zeit noch bestehenden 5 gewölbten Oeffnungen à $15,_{7}{}^{m}$ Spannweite. Der Erweiterungsbau selbst begann im Frühsommer 1873. Die Eisenconstructionen waren so angeordnet, dafs für jedes Geleise und für den Landfuhrwerksverkehr je ein besonderes Trägersystem hergestellt worden war, so dafs also drei Trägersysteme neben einander vorhanden waren. Die letzte Brückenprobe der grofsen Oeffnung erfolgte im Spätherbste v. J.

Ueber die Vorgänge der Katastrophe des Brücken-Einsturzes ist Folgendes zu bemerken:

Wie bereits oben erwähnt, hatten sich am Hinterkopfe des linksseitigen Pfeilers im Laufe der Zeit leichte Rifschen gezeigt, die jedoch für so unwesentlich angesehen wurden, dafs man die einseitige Ummantelung dieses Pfeilers für ausführbar hielt, daher man dieselbe auch in der oben angedeuteten Weise zur Ausführung gebracht hat. Der daselbst eingebaute Streichfangedamm hatte jedoch zu einem Versatz durch vorgetriebene Flöfse Veranlassung gegeben, so dafs eine Unterwaschung des Vorkopfes dieses Pfeilers bereits dadurch gewissermaafsen eingeleitet worden war. Man liefs deshalb auch den erwähnten Fangedamm zum Schutz des Pfeilers stehen. Aeufserlich waren durchaus keine Anzeichen einer Gefahr für diesen Pfeiler vorhanden, als der Eisgang der Elbe und damit das rapide Steigen des Wassers Anfangs Februar d. J. seinen Anfang nahm. Da brach plötzlich der Vorkopf dieses Pfeilers am 19. Februar c. spät Abends zusammen, wodurch gleichzeitig ein Dreieck aus dem anschliefsenden Gewölbe mit nachstürzte. Der eiserne Strafsenträger der grofsen Oeffnung rutschte dadurch vom Vorkopfe des mittleren Strompfeilers herab in die Elbe und legte sich oberhalb der Pfeiler quer vor die Brückenöffnung. Die Eismassen und die hölzerne Fahrbahn des Strafsenträgers verlegten nun schnell die grofse Schifffahrtsöffnung, so dafs der Hauptstrom bei dem immer stärkeren Steigen der Wasserfluthen um den noch intacten Vorkopf des Strommittelpfeilers herum ging, und hier sowohl als am Hinterkopf die Unterwaschungen einleitete. Es zeigten sich auch schon am anderen Tage bedeutende Risse in diesem Pfeiler und neigten sich beide Vorköpfe desselben in der Richtung nach Aufsen.

Man versenkte nun zum Schutze des Pfeilers eine grofse Anzahl Gufseisenbarren von der Lauchhammer-Hütte in den Strom; auch begann man die Aufmauerung der beiden alten Strompfeiler (die als Rüstungsauflager für die Montirung der grofsen Brückenträger gedient hatten), damit beim etwaigen Zusammensturz des mittleren Strompfeilers die beiden Träger der Eisenbahnfahrbahn neue Auflager finden konnten.

Da brach plötzlich am 22. Februar c. Nachmittags zwischen 4 und 4½ Uhr ein Theil des Hinterkopfes des Strompfeilers zusammen; der stromabwärts gelegene Träger des linken Eisenbahngeleises stürzte in den Strom, der Mittelträger resp. der Träger des rechten Eisenbahngeleises sank auf die beiden alten Pfeiler hinab und zerknickte mit dem rechten Endtheile hinein in die Elbe. Gleichzeitig stürzte von der anschliefsenden $30,_{56}{}^{m}$ weiten Oeffnung der Aufsen-

träger gleichfalls in die Elbe und der Mittelträger rutschte schräg von dem Pfeilermauerwerk herab.

Bald nach dem Eintritt der Katastrophe entschlofs sich die sächsische Regierung, die Räumungsarbeiten auf der Unfallstelle aufzunehmen und arbeiten seitdem 2 Pionier-Compagnien auf derselben, um durch Dynamitsprengungen möglichst schnell den Schifffahrtsverkehr wieder frei zu machen.

Der Vortragende erläuterte durch viele Skizzen und durch Photographieen die Details seiner Mittheilungen und bezeichnete als fernere und nähere Ursachen des Brücken-Einsturzes:

1) die Verengung des Flufsprofils durch die nachträglich eingebauten Pfeiler,

2) die Ummantelung der beiden Strompfeiler ohne Verband und Verankerung mit dem alten Mauerwerk,

3) die Gründung der Pfeilerverstärkungen auf Beton, ohne denselben mit einer Spundwand zu umschliefsen,

4) das Hinausschieben der Ausführung der Steinschüttungen um die Strompfeiler.

Herr Keil schlofs seinen Vortrag mit dem Wunsche, dafs möglichst bald Seitens der sächsischen Ingenieure die genauen Bauzeichnungen etc. veröffentlicht würden, damit bald volle Klarheit über diesen so überaus wichtigen und lehrreichen Gegenstand in den technischen Kreisen verbreitet würde. —

Die in der vorigen Sitzung wegen vorgerückter Zeit unterbrochene Discussion über das Signalwesen wurde fortgesetzt und theilte Herr Frischen mit, dafs von den Siemens & Halske'schen Weichen- und Signalsicherungs-Einrichtungen bis jetzt auf der Niederschlesisch-Märkischen, der Ostbahn, der Berlin-Görlitzer, der Main-Neckar, der Hannoverschen, der Holländischen Ostbahn, der Magdeburg-Leipziger und einigen anderen Bahnen, zusammen auf 61 Bahnhöfen, 93 Apparate mit 350 Hebeln in Anwendung seien und überall den an sie gestellten Anforderungen entsprächen.

Wenn man bei den Siemens & Halske'schen Einrichtungen die mechanische Verriegelung der Weichen und Stellung der Signale, wodurch schon an und für sich allein die Feststellung der richtigen Weichenstrafse bei gegebenem Signal gesichert werde, vom elektrischen Theil des Apparates, welcher die stricte Abhängigkeit der Einrichtung vom Stationschef oder anderen damit combinirten Apparaten bezweckt, trenne, so habe sich nach einer Kostenzusammenstellung der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn aus den Anlagen auf 13 Bahnhöfen — ohne Einrechnung der Signalmasten, jedoch mit Umänderung der vorhandenen Masten zu vorliegendem Zweck, sowie incl. der Anbringung des Apparates in der vorhandenen Weichenstellerbude — der Preis der mechanischen Einrichtung, auf den einzelnen Hebel reducirt, in minimo zu 237, in maximo zu 640, im Durchschnitt zu 351 Mark ergeben. Eine gleiche Berechnung bezüglich der Anlagen auf 15 Bahnhöfen der Königl. Ostbahn habe pro Hebel durchschnittlich 338 Mark ergeben. Wenn man in ganz gleicher Weise die Kosten der elektrischen Apparate auf den einzelnen Hebel reducire, so sei dafür auf der Niederschlesisch-Märkischen Bahn 166, auf der Ostbahn 187 Mark als Durchschnittspreis ermittelt. Die Kosten der Leitungen seien je nach der Wahl, ob oberirdisch oder unterirdisch, und nach der Länge derselben durchaus variabel. Wenn dabei überhaupt eine Berechnung pro Hebel als zulässig erscheinen dürfte, so ergebe sich auf der Ostbahn pro Hebel für oberirdische Leitung 25 Mark, dagegen auf der Niederschlesisch-Märkischen Bahn für unterirdische Leitung 144 Mark; letztere Einrichtung, die auf der Niederschlesisch-Märkischen Bahn theils unter sehr schwierigen Terrainverhältnissen herzustellen war, verdiene den Vorzug der unbedingten Sicherheit. Vergleiche man den obigen Preis der mechanischen Einrichtung pro Hebel von 351 Mark mit demjenigen der nach Rüppell's System ausgeführten mechanischen Weichen- und Signal-Stellvorrichtungen, so liege der Preisvorzug der Siemens & Halske'schen Apparate auf der Hand; derselbe zeige sich noch günstiger, wenn man berücksichtige, dafs durchschnittlich zur Erreichung desselben Sicherheitszweckes die Siemens & Halske'sche Einrichtung weniger Hebel gebrauche. Der Vortragende suchte dies an verschiedenen Bahnhofsplänen nachzuweisen und hob nochmals hervor, dafs eine stricte Abhängigkeit der Signal- und Weichenstellungen vom Stationschef oder die Controle weit auseinander liegender Punkte nur durch die Siemens & Halske'sche Einrichtung zu erreichen sei. Dagegen biete allerdings das directe Stellen der Weichen und Signale den Vortheil, dafs neben der erzielten gegenseitigen Abhängigkeit der richtigen Stellungen der zu einem Complex vereinigten Weichen und Signale die Ersparung von Weichenstellern ermöglicht werde, während das Siemens & Halske'sche System lediglich die Sicherheit des Betriebes in weit ausgedehnten Grenzen vor Augen habe. In welchen Fällen nun dieses oder jenes System zur Anwendung kommen müsse, hänge lediglich von den begleitenden Umständen ab, welche für jeden einzelnen Fall in Erwägung und Beurtheilung zu ziehen sein werden.

Hierauf replicirt Herr Rüppell, dafs er den in der vorigen Versammlung von ihm aufgestellten Kostenvergleich, welcher entschieden zu Gunsten seines Systems spreche, auch jetzt noch als richtig aufrecht erhalten müsse, namentlich da die Ersparung an Weichenstellern eine sehr beträchtliche Kostenverminderung ergebe; auch müsse er behaupten, dafs durch sein System den Anforderungen des Betriebes in den meisten Fällen vollständig entsprochen werde, und sei namentlich das mehrfach erhobene Bedenken, als gestatte dasselbe das Rangiren durch die betreffenden Weichen nicht mit der erforderlichen Sicherheit und Bequemlichkeit, durch die Erfahrung widerlegt.

Zum Schlusse der Sitzung wurden durch übliche Abstimmung die Herren Schultz, Major und Bataillons-Commandeur im Eisenbahn-Regiment, Golz, desgl., Buchholtz, Hauptmann im Eisenbahn-Regiment, Knebel desgl., Fleck desgl., von Bosse desgl., Walter desgl., von Schnehen desgl., und Wichert, Königl. Eisenbahn-Maschinenmeister, als einheimische ordentliche Mitglieder, sowie Herr Palmié, Maschinenmeister der Berlin-Stettiner Eisenbahngesellschaft zu Stargard i/Pomm., als auswärtiges ordentliches Mitglied in den Verein aufgenommen.

Halle, Buchdruckerei des Waisenhauses.